ثانياً : الجهاز الدوري The Circulatory system

للحشرات أجهزة دورية تغاير تلك التي نعرفها في الحيوانات الفقارية، فلئن كان للفقاريات أجهزة دورية مغلقة Closed system فإن للحشرات جهازاً دورياً مفتوحاً Opened system يتكون من وعاء دموي ظهري، ذي فتحة أمامية يصب من خلالها السائل الدموي Haemolymph حيث يغمر أنسجة الجسم وأجهزته الداخلية على أن يعاد سحبه بواسطة الجزء الخلفي من الوعاء الدموي الظهري وهكذا تتم الدورة الدموية ويتكون الجهاز الدموي في الحشرة شكل (٤٦-أ) مما يلي :

أ- الوعاء الدموي الظهري Dorsal blood vessel.

ب- التجويف الدموي Haemocoele.

جـ- الأعضاء النابضة المساعدة Accessory pulsating organs.

د- الدم Blood or Hemolymph.

وإليك تفصيل لهذا الإجمال :

أ- الوعاء الدموي الظهري Dorsal blood vessel.

يستقر أسفل الصفائح الظهرية Terga وعلى امتداد خطها الوسطي وعاء دموي أنبوبي يطلق عليه الوعاء الدموي الظهري، يرتبط هذا الوعاء بتلك الصفائح عن طريق نسيج ضام يطلق عليه المعلق Suspensoria ومن الملاحظ أن مقدم هذا الوعاء لا يرتبط بتلك الصفائح بل يمر أسفل المخ ليرتبط بدرجة أوثق بمقدم القناة الهضمية وهو ما يعرف بالمرئ Oesophagous ويتركب هذا الوعاء تشريحياً من طبقة خلوية بسيطة ويوجد هذا الوعاء أيضاً في منطقة من فراغ الجسم يطلق عليها الجيب القلبي Pericardial sinus يحده من أسفل الحاجز الظهري Dorsal Diaphragm ويحده من أعلى صفائح الجسم الظهرية Notaor terga ويتكون هذا الوعاء من :

أ) القلب Heart :

هو الجزء الخلفي النابض من الوعاء الدموي الظهري شكل (٤٦) الذي ينقسم إلى مجموعة من الحجرات القلبية Cardiac Chambers ويمكن تمييزها عن بعضها بواسطة اختناقات Constructions بينية واضحة، ويوجد على جانبي هذه الاختناقات أزواج من الفتحات بشفاة تعمل عمل الصمامات Valves حيث تسمح للدم بالدخول من فراغ الجسم وتمنعه في نفس الوقت من العودة ثانية

حين نراها أقل من ذلك بكثير إذ لا يوجد منها إلا حجرة واحدة فقط كما فى بعض أنواع البق الدقيقى. وغالباً ما يشغل القلب بحجراته المنطقة البطنية فقط، ولكنه فى أحيان أخرى قد يمتد ليشمل المنطقة الصدرية كما فى حشرات الصراصير.

٢- الأبهر أو الأورطى الظهرى Dorsal aorta

وهو الجزء الأمامى من الوعاء الدموى الظهرى، والذى يعتبر امتداد للقلب إلى الأمام، وهو أنبوبة بسيطة ليس فيها فتحات جانبية كما هو الحال فى القلب - اللهم إلا فى حشرات كل من رتبة اليعاسيب (الرعاشات)، ومستقيمة الأجنحة وغمدية الأجنحة، وحرشفية الأجنحة حيث يوجد بهذه الأنبوبة فتحات ظهرية - لا جانبية - تؤدى إلى الأعضاء النابضة الإضافية التى توجد عند قواعد الأجنحة حيث تساعد على ضخ الدم فيها. ويفصل الأورطى عن القلب صمام أورطى Aorta valce يسمح للدم الوارد من القلب بالمرور خلال الأورطى ويمنع عكس ذلك - ويفتح الأورطى فى منطقة الرأس (أسفل المخ وأعلى منطقة المرئ) بفتحة قمعية الشكل أو قد يتفرع إلى فرعين أو أكثر.

ب- الأعضاء النابضة المساعدة Accessory pulsating organs.

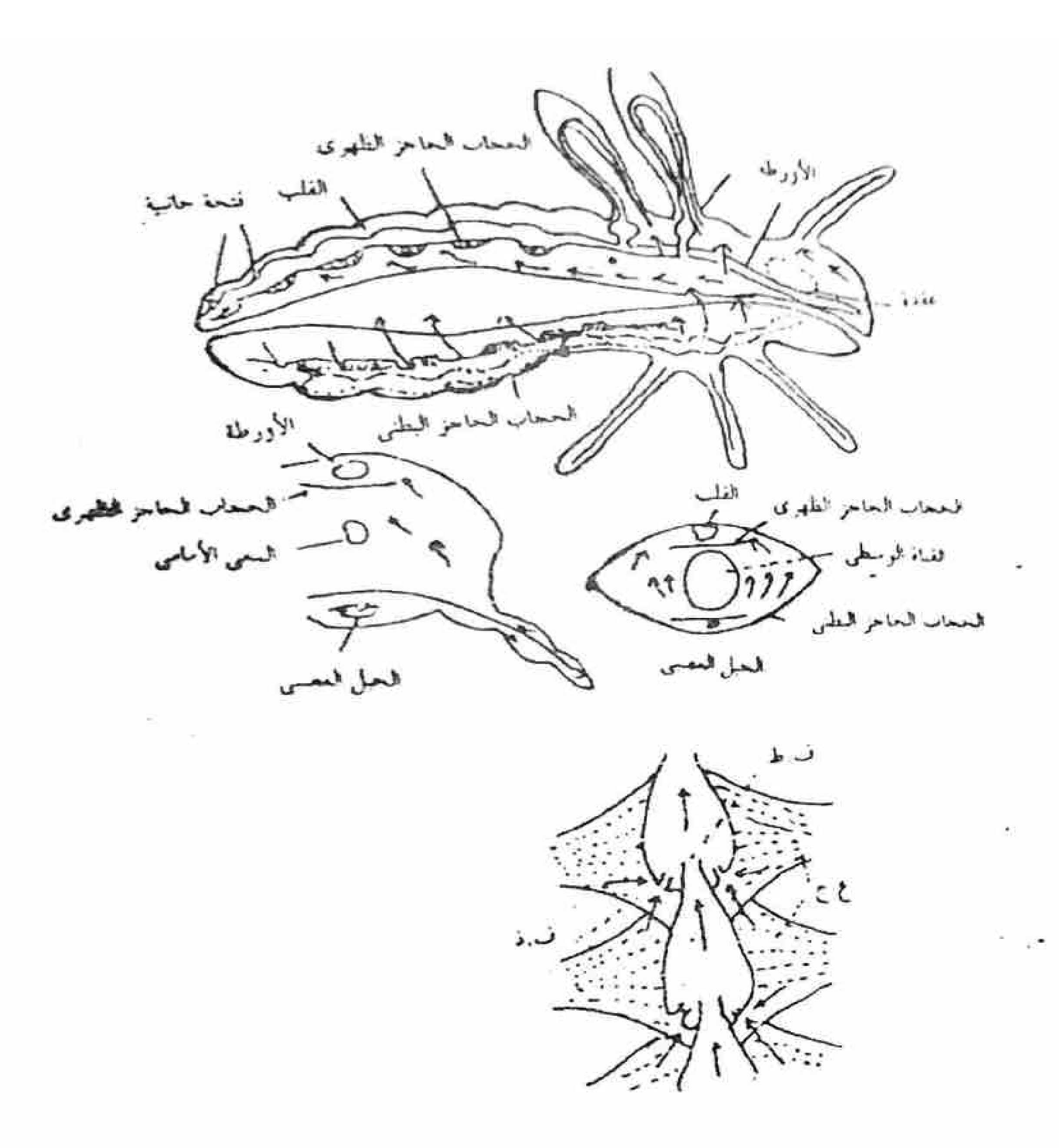
هناك أعضاء نابضة أخرى، بالإضافة إلى الوعاء الدموى الظهرى وإن كانت فى حقيقة الأمر لا تنفصم عنه وإنما تأخذ منه وتصب فيه، وتوجد تلك الأعضاء فى المنطقة الصدرية عند قواعد الأجنحة أو عند حرقفات الأرجل الصدرية أو قد تكون فى الرأس عند قاعدة كل من قرنى الاستشعار. والغرض منها إنما هو توجيه سير الدورة الدموية خلال تلك الزوائد. وليست تلك التراكيب سوى أكياس توجد أسفل الصفائح الظهرية ويصلها بالأورطى وعاء أنبوبى بسيط.

جـ- التجويف الدموى Haemocoele

هو التجويف الذى يسبح الدم بحيث يغمر أنسجة الجسم وأجهزته الداخلية. ويقسم الحاجزان الليفيان العضليان Diaphragms هذا التجويف إلى ثلاثة جيوب Sinuses.

١- الحاجز الظهرى Dorsal diaphragm

سبق لنا أن ذكرنا أن الفتحات القلبية الجانبية تحرسها عضلات جناحية وتتخللها قصيبات هوائية ويضاف إليها مجموعة من الأنسجة الضامة التى تكون على شكل حاجز أو غشاء يقع أسفل الوعاء الدموى الظهرى وأعلى القناة الهضمية وهو غشاء محدب يرتبط جانباه بكل من جانبى الصفائح الظهرية لحلقات الجسم، وتجدر الإشارة إلى أن هذا الحاجز ليس تام الارتباط بجوانب



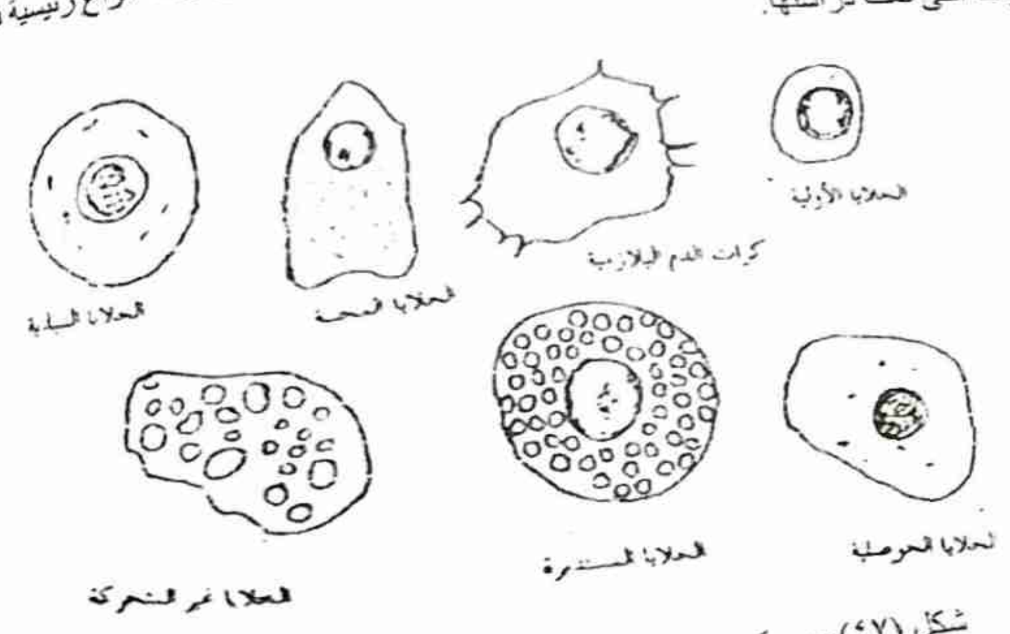
شكل (٤٦) يوضح الجهاز الدوري في بعض الحشرات

ومن جهة أخرى فإنه يوجد صمامان بطنيان بين كل حجرتين قلبيتين يسمحان للدم بولوج الحجرات الأمامية بحيث يأخذ فى اتجاهه إلى مقدم القلب مع عدم السماح له بالعودة إلى الخلف. ويحرس الفتحات القلبية الجانبية أزواج من العضلات الجناحية Form muscles.

ومن نافلة القول، أن أعداد الحجرات القلبية يختلف باختلاف أنواع الحشرات فقد تكون أثنتى عشرة غرفة كما فى الصراصير وأفراس النبى وقد يقل عددها عن ذلك بحيث تصبح خمس حجرات كما فى الحشرات غشائية الأجنحة وقد تكون ثلاثاً كما فى الذباب من جنس Musca فى

٢- خلايا الدم Haemocytes

تسبح فى بلازما الدم عدة أنواع من الخلايا الدموية، التى تختلف شكلاً ووظيفة. شكل (٤٧) على أننا لا نتوقع أن نجد فى هذه الأنواع خلايا تناظر الكرات الدموية الحمراء. علماً بأنه ليس هناك تصنيف محدد أو قاطع يحصر أنواع تلك الخلايا، لأن الخلايا الدموية هذه تختلف اختلافاً شاسعاً تحت مختلف الظروف، وايضاً لاختلاف طرق الفحص المتبعة. وعلى أى حال فإن العالم Jones سنة ١٩٦٢، ١٩٦٤ قد صنف الأنواع الرئيسية للخلايا الدموية إلى أربعة أنواع رئيسية فى الحشرات التى تمت دراستها.



شكل (٤٧) رسم توضيحى يبين الأنواع المختلفة من خلايا الدم

وهذه الأنواع الأربعة هى:

١- الخلايا الدموية الأولية (الصغيرة) Prohaemocytes

ونحن نميل إلى استخدام هذا الاصطلاح بدلاً من Proleucocytes الذى يعنى الكرات الدموية البيضاء الأولية. وهى خلايا دموية صغيرة الأحجام مستديرة الحواف ذوات أنوية كبيرة نسبياً وحشوات Cytoplasms قاعدية صغيرة. وتنقسم تلك الخلايا على فترات لتعطى أنواعاً أخرى من الخلايا.

٢- الخلايا الدموية المهاجمة Plasmicytes

وهى الخلايا التى يحتوى السائل الدموى منها على النصيب الأوفر، وليس لهذه الخلايا شكل محدد فقد تأخذ الشكل المستطيل أو القرصى أو الأميبى، وإنما سميت بذلك لقدرتها على احتواء

د- السائل الدموى Blood or Haemolymph

يملأ السائل الدموى تجويف الجسم الداخلى، حيث يغمر مختلف الأعضاء مباشرة، ويتركب هذا السائل من البلازما السائلة Fluid plasma التى تحتوى معلقاً من الخلايا الدموية Haemocytes وسنبين كلا من هذين المكونين فيما يلى :

١- البلازما Plasma :

هى السائل الذى تسبح فيه الخلايا الدموية وتصل نسبة الماء فى البلازما ٩٠% وإن كان من المرجح أن هذه النسبة يطرأ عليها التغيير زيادة أو نقصاً، فمن المعلوم أن حجم الدم يرتفع بصورة واضحة وبخاصة قبيل عملية الانسلاخ، وقد يرجع سبب ذلك جزئياً إلى عدم فقد الماء من الأنسجة، أما بعد عملية الانسلاخ فينخفض حجم الدم.

وتأثير السائل الدموى حامضى ضعيف فى معظم الحشرات، حيث يصل أسه الايدروجينى إلى (٦-٧) وقد يكون تأثيره قلوياً(٧.٢-٧.٧) كما فى حشرات الهاموش من جنس Chironomus على أن هذا الارتفاع الطفيف فى الأس الأيدروجينى إنما يحدث أثناء عملية الانسلاخ ويصل الضغط الاسموزى للسائل الدموى ٧-٨ ضغط جوى على أنه قد يرتفع فى بعض الحالات إلى ١٢ ضغط جوى، ويعمل الضغط الاسموزى على حركة الماء بين الدم والأنسجة.

وتحتوى بلازما الدم على الأملاح المعدنية مثل أملاح الصوديوم والكلوريدات، وكذلك تحتوى على المواد العضوية مثل الأحماض الأمينية وكذلك البروتين والسكريات ويتلون دم الحشرة عادة باللون العنبرى الفاتح أو قد يكون ضارباً إلى الخضرة أو الزرقة نظراً لوجود مادى الهيموسيانين التى يدخل فى تركيبها النحاس بدلاً من الحديد، أما فى بعض الحالات كما فى الهاموش فيتلون السائل الدموى بلون أحمر وعلى أي حال فإن لون الدم قد يرجع إلى وجود مواد صبغية من نواتج الغذاء وتلعب بلازما الدم دوراً هاماً فى نقل نواتج تمثيل المواد الغذائية إلى مختلف أجزاء الجسم، بالإضافة إلى وظيفتها فى تخزين بعض المواد المهضومة مثل البروتين والسكر، هذا بالإضافة إلى الدور المحدد الذى تقوم به فى عملية التنفس.

... تخلو من ...
الصفائح الظهرية، وإنما توجد مناطق تخلو من ...
فتحات فى الجيب القلبى ليصل الدم إلى الجيبين القلبيين الآخرين.

٢- الحاجز البطنى Ventral diappgram

يقع أعلى الحبل العصبى وأسفل القناة الهضمية ويوجد فى غطاء عضلى ليفى مستعرض المنطقة البطنية من الجسم فقط، وهو حاجز مقعر يتصل حافتاه بكل من جانبى الصفائح البطنية من كل جانب على الأقل فى معظم الحشرات، أما فى حشرات حرشفية الأجنحة فيوجد أكثر من منطقة اتصال بين الحاجز البطنى والصفيحة البطنية لكل حلقة. ويقتصر وجود هذا الغشاء على المنطقة البطنية فقط فى معظم رتب الحشرات، باستثناء الحشرات المستقيمة الأجنحة حيث يمتد أيضاً إلى منطقة الصدر، كما أنه لا يمتد إلى الخلف أسفل النهاية الخلفية للحبل العصبى. ويختلف تركيب الحاجز البطنى من منطقة لأخرى فقد يكون غشائياً رقيقاً فى منطقة صدر النطاطات بينما يخلو من العضلات فى المنطقة البطنية وقد يختلف باختلاف العمر أيضاً ويوجد كل من الحاجز الظهرى والحاجز البطنى فى كل من اليرقانات والحشرات اليافعة لرتب شبكية الأجنحة Neuroptera وغشائية الأجنحة Hymenoptera ومستقيمة الأجنحة Orthoptera ورتبة اليعاسيب (الرعاشات) Odonata بينما لا يوجدان إلا فى الحشرات اليافعة فقط لرتبة ذات الجناحين Diptera أما فيما عدا ذلك من الحشرات فيغيب الحاجز البطنى أو قد يتحول إلى نسيج ضام يحيط بالحبل العصبى كما فى حشرات رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera ويقسم هذان الحاجزان فراغ الجسم إلى الجيوب التالية :

١- الجيب الظهرى أو القلبى Dorsal or pericadial Sinus :

ويطلق هذا الإسم على المنطقة الظهرية من تجويف الجسم والتى يحدها من أسفل الحاجز الظهرى ويحدها من أعلى الصفائح الظهرية لحلقات الجسم، ويقع الوعاء الدموى الظهرى فى هذا الفراغ.

٢- الجيب الحشوى Vesceral sinus :

وهو عبارة عن جزء التجويف الدموى الذى يقع ما بين كل من الحاجزين السابقين والذى تقع القناة الهضمية بداخله.

٣- الجيب البطنى أو العصبى Ventral or perineural sinus

وهو الجيب الذى يحيط بالحبل العصبى ويقع أسفل الجيب الحشوى ويحده من أعلى الحاجز البطنى ومن أسفل الصفائح البطنية لحلقات الجسم.

الأجسام الغريبة والقضاء عليها، فضلاً عن الدور الذى تلعبه أثناء مراحل تبدل الحشرات ومساعدتها فى التئام الجروح وهذه الخلايا ذات طبيعة قاعدية.

٣- الخلايا الدموية المحببة Granular haemocytes

نوع آخر من الخلايا الدموية المهاجمة والتى تمتاز باحتواء حشواتها على أعداد وفيرة من الحبيبات ذات الطبيعة الحامضية والتى يرجع لها الفضل فى موازنة درجة تأين الأيدروجين (نسبة الحموضة) فى السائل الدموى، (ومن المعلوم أن هذه النسبة تكون متعادلة إذا أخذت القيمة ٧ وإذا قلت عن هذه القيمة يكون الوسط حامضياً وإذا زادت يكون قلوياً).

٤- الخلايا الدموية الحويصلية :

وقد يطلق عليها الخلايا المتخثرة (المتجلطة) Coagulocytes وتظهر تلك الخلايا عند فحصها بأحجام كبيرة نوعاً تتوسطها أنوية صغيرة مميزة شاحبة Pale أما الحشوة فتأخذ اللون الزجاجى Hyaline وتحتوى على حبيبات متفرقة ذات ألوان داكنة، وهذا ما يميزها عن الخلايا الدموية الأخرى التى تكون أنويتها كبيرة وشاحبة وحشواتها غامقة، وتعتبر الخلايا الدموية الحويصلية نوعاً خاصاً من الخلايا المحببة.

١- الخلايا شبيهات الخلايا الخمرية *Oenocytoids* :

وتوجد فى كل من حشرات عمدية الأجنحة، حرشفية الأجنحة، وبعض حشرات ذات الجناحين. وتمتاز هذه الخلايا بكبر أحجامها واستداراتها وبكثافتها، كما أنها ذات طبيعة قاعدية، وتحتوى حشواتها على قنيات Canaliculi بالإضافة إلى وجود حبيبات أو تجمعات بلورية، وترتبط هذه الخلايا بجدار الجسم حيث توجد فى مجاميع قريباً من البشرة الداخلية. على أنها تقوم بامتصاص بعض المواد من البشرة الداخلية ثم تفرزها لتكون منها مكونات تدخل فى الجليد، ولا بدع إذا أن ترى هذه الخلايا وقد تضخمت إبان الانسلاخ حيث تمتلئ بالبروتين الدهنى Lipoprotein الذى يدخل فى تركيب الجليد. وفضلاً عما يقال من أن هذه الخلايا تفرز هرمونات جنسية فى حشرات الهموش اليافعة، فإنه يقال أيضاً أنها تفرز أنزيمات تلعب دوراً فى أكسدة الغذاء المخزن فى الجسم الدهنى للحشرات.

٢- الخلايا الدموية الكروية أو البيضاء Sphencl or oval cells

وتوجد فى حشرات كل من رتبتى الحشرات (حرشفية الأجنحة و ذات الجناحين) وتأخذ الشكل المستدير Rounded أو البيضى Oval وتحتوى على حبيبات حامضية تملأ حشوتها.

٣- الخلايا الكلوية Nephrocytes

وهى خلايا تحتوى الواحد منها على نواتين، وتنتشر داخل التجويف الظهرى وعلى جانبى القلب وقد يطلق عليها الخلايا الحولية قلبية Pericardial cells وتمتاز بقدرتها الإخراجية حيث تمتص المواد الأزوتية التالفة وتخزنها فى حشوتها على أن تتخلص الحشرة منها أثناء عملية الانسلاخ.

٤- الخلايا الدموية الدهنية Adipohaemocytes

وتوجد فى حشرات كل من رتبتى الحشرات (حرشفة الأجنحة وذات الجناحية)، وهى خلايا متضخمة تمتاز بوجود قطرات من الدهن بالإضافة إلى مواد أخرى داخل السيتوبلازم، وتوجد فى دماء الحشرات المتطفل عليها داخلياً، حيث تنشأ من بعض خلايا الغشاء الجنينى للطفيل الداخلى أثناء مرحلة نموه الجنينى وتتساقط فى بلازما العائل وتسبح بحرية وتمتص المواد الغذائية وحبيبات الدهن وتقوم يرقتات الطفيل بالتغذى بها فهى لهذا تعتبر بمثابة مصايد تجميع للطفيل قوته بدلاً من سعيه الدائب وبحثه عنه.

أهم وظائف خلايا الدم Functions of haemocytes :

تقوم الخلايا الدموية بعدة وظائف نذكر منها على سبيل الأمثلة لا الحصر ما يلى :

١- الابتلاع Phagoytosis

يعتبر ابتلاع الخلايا الدموية لحبيبات الأجسام الغريبة والكائنات الدقيقة بالإضافة إلى نواتج تحلل الأنسجة هو الوظيفة المشتركة لجميع تلك الخلايا الدموية، وتعتبر الخلايا الدموية المهاجمة Plasmocytes أهم تلك الأنواع فى هذا الصدد. وترتبط زيادة أعداد الخلايا المبتلعة التى تظهر أثناء فترات التبدل Metamorphosis بتحلل الأنسجة والتخلص منها. وقد تهضم المواد المبتلعة داخل تلك الخلايا وقد تغلف الخلايا التى بداخلها أجسام غريبة بمجموعة أخرى من الخلايا المبتلعة أو المهاجمة. وفى بعض الحشرات مثل صراصير الغيط قد تتجمع تلك الخلايا لتكون عضواً خاصاً يطلق عليه عضو الابتلاع Phagocytic organ يفتح فى القلب.

٢- التغليف Enecapsulation :

وتلك وظيفة أخرى تقوم بها الخلايا الدموية عندما يكون الطفيل الداخلى أكبر حجماً من تلك الخلايا فإن مجموعة من تلك الخلايا تحاصر الطفيل بحيث تكون حوله جداراً من الخلايا المتراصة وتمنع عنه وصول الأكسجين فيموت خنقاً، وقد تتمكن بعض الطفيليات الداخلية، مثل حشرات

غشائية الأجنحة من مقاومة تلك الكبسولات أو الأغلفة التى تحاصرها عن طريق اتصال أقماعها التنفسية بالجهاز التنفسى القصبى للعائل حيث تأخذ احتياجاتها من الأكسجين فتبطل بذلك دور التغليف.

٣- الإفراز والتمثيل Secretion and metabolism :

وقد تلعب الخلايا الدموية دوراً هاماً فى تكوين الأنسجة الضامة وقد أثبت Wigglesworth (١٩٥٦) أن الخلايا الدموية هامة جداً فى تكوين الغشاء القاعدى لجدار جسم بقة *Rhodnius* وعند تكوين الطبقة الخلوية أثناء الانسلاخ فإن الخلايا الدموية تنتشر أسفل طبقة البشرة الداخلية. وترتبط بعض تلك الخلايا ارتباطاً وثيقاً بتكوين الجسم الدهنى وأيضاً بعملية التمثيل الغذائى الوسطى Intermediate metabolism وهذه الظاهرة حقيقة واقعة تقوم بها الخلايا الكروية أو البيضية التى سبقت الإشارة إليها وبخاصة فى تحول حشرة *Sarcophaga* من الطور اليرقانى إلى الطور العذرى، حيث تزداد أعداد تلك الكرات قبيل التعذير وتحتوى على أنزيم Tyrosinase الذى يلعب دوراً هاماً فى تصلب واغمقاق الجليد اليرقانى وتحوله إلى الجليد العذرى Puparium هذا بالإضافة إلى توصيل نواتج التمثيل الغذائى إلى مناطق الجسم المختلفة.

٤- التجلط والتئام الجروح Wound healing & Co-agulation :

عندما يعطب جزء من سطح الجسم فسرعان ما تندفع أنواع من الخلايا الدموية مثل Phagocytes و Plasmocytes نحو هذا المكان لتكون عضواً شبكياً لا يلبث أن تملأه المصورة (البلازما) حتى إنه ليكتفى لسد هذا الجرح ريثما تعيد البشرة الداخلية بناءها الجديد.

الدورة الدمويه Circulation :

عندما يمتلئ الجيب الدموى الظهرى بالدم فليس هناك بد من

١- حركة الانبساط Diastole : أن تفتح الصمامات الأذنية والبطينية لمختلف حجرات القلب فيندفع الدم إلى تلك الحجرات نظراً لاختلاف الضغط داخلها وخارجها.

٢- حركة الانقباض Systole : وتبدأ فى هذه الحالة عملية ضخ الدم من حجرات القلب إلى الأورطى. مبتدئة من الخلف إلى الأمام، حيث تغلق الحجرة القلبية الخلفية صماميها الأذينين (اللذان يفتحان جانبيا فى فراغ الجسم) وتنقبض بواسطة أنسجتها ويساعدها فى ذلك العضلات الجناحية الجانبية التى تحرسها فيندفع الدم إلى الحجرة التى تتقدمها عن طريق الصمامين البطنيين (اللذات يحرسان الفتحة التى بين الحجرة القلبية الخلفية والحجرة التى تقع أمامها).

٣- ولكى يمر الدم إلى الحجرة القلبية الثالثة فلابد وأن تنقبض الحجرة الثانية ويتم إغلاق فتحتيها الأذينيتين وفتحتها البطنية الخلفية ويندفع إلى الأمام من الفتحة البطنية الأمامية لتلك الحجرة، وهكذا يظل الدم ينتقل من حجرة إلى أخرى حتى يصل إلى الأورطى أو الأبهر الظهرى.

٤- ينساب الدم من الأورطى فى فراغ الجسم وعند مقدم الرأس ليملأ جيوب الجسم وتجاويفه المختلفة متحركاً بحركات الأغشية والأجهزة الداخلية، وتقوم العضلات الجناحية بدور هام فى هذا الصدد وكذلك من الحجابين الحاجزين العلوى والبطنى. وتتأثر ضربات القلب بالعديد من العوامل: مثل العوامل البيئية المحيطة كالحرارة والرطوبة وكذلك تتأثر بعمر الحشرة ونوعها.

ثالثاً : الإخراج وأعضاء الإخراج

Excretion & Excretory organs

يلعب الجهاز الإخراجي دوراً هاماً بالنسبة للحشرة ككائن حي، حيث تقوم بنبذ النفايات السامة مثل حمض البوليك Uric acid وغيره من المخلفات النيتروجينية الضارة والتي تنتج عن تمثيل المواد البروتينية، ويقوم أيضاً بالعمل على ثبات كل من مستوى الأملاح والماء والضغط الاسموزى Osmotic pressure للسائل الدموى. ولكي تتم هذه العملية الإحيائية الهامة بنجاح فلابد من توازن العوامل الداخلية للخلية مع العوامل المحيطة بالحشرة ككل.

ويتم الإخراج في الحشرات عن طريق الأعضاء التالية :

١- أنيبيبات ملبيجى Malpighian tubules

هى مجموعة من زوائد القناة الهضمية تقع عند بداية المسلك الشرجى، وتنتسب إلى مكتشفها العالم الإيطالى Malipighi الذى تمكن من اكتشافها عام ١٦٦٩ فى حشرة دودة الحرير *Bombyx mori* وهى أنيبيبات رقيقة الجدر، ليس لها شكل ثابت فقد تكون طويلة أو قصيرة، مفردة أو متعددة، ذات أطراف مرتبطة بجدار المستقيم أو سائبة بحيث تسبح فى السائل الدموى، هى ذات نهايات مغلقة. ففى حشرة Necrophorus وهى حشرة غمدية الجناحين تكون تلك الأنيبيبات طويلة ذات نهايات حرة تسبح فى السائل الدموى. وقد تفتح كل أنيبيبة بفتحة مستقلة فى القناة الهضمية أو تشترك كل مجموعة منها فى فتحة كيسية الشكل، أو يستطيل هذا الكيس ليأخذ شكل حالب أنبوبى Uretur يفتح فى فراغ المستقيم الداخلى شكل (٤٨).

ويتكون جدر الأنيبيبات من نسيج طلائى بسيط بسمك خلية واحدة تعتمد على غشاء قاعدى من الخارج يحيط به عدد من العضلات الطولية والدائرية كما فى حشرات رتبة غمدية الأجنحة. أو يكون هذا الغلاف العضلى حلزونياً بسيطاً كما فى حشرات مستقيمة الأجنحة كما قد يخلو جدار الأنيبيبة من العضلات تماماً إلا فى جزء طرفى منها كما فى حشرات كل من رتبتى الحشرات ذات الجناحين وحرشفية الأجنحة. وتفيد تلك العضلات فى تحريك الأنيبيبات خلال السائل الدموى كى يتثنى لها ملامسة أكبر قدر منه وبالتالى يتم التخلص من المواد الضارة. وفى ذات الوقت فإن هذه الحركة تعمل على دفع السائل وتحريكه داخل فراغ الأنيبيبة. وتوجد فى فراغ الأنيبيبة زوائد هدبية وبخاصة فى جزئها القاعدى، وهى عبارة عن نموات بروتوبلازمية لخلايا جدر هذه الأنيبيبة.

مراحل العمل حيث يقابل تلك الزيادة العددية اتساع السطح المعرض للإخراج، وإذا كان الغالب فى نهايتها أن ترى حرة فى فراغ الجسم فقد شوهدت تلك النهايات مرتبطة بجدار المستقيم فى نظام يعرف بنظام الكليات المرتبطة Cryptonephredial arrangements.

وتطرأ على تلك الأنيبيات أثناء تبدل الحشرات تغيرات تختلف باختلاف تلك الحشرات، فقد يكون ذلك التغير طفيفاً كما فى الذباب، وقد تكون بصورة واضحة فينكسر الجزء المقيد بجدار المستقيم فى حشرات حرشفية الأجنحة وتلتهمه الخلايا البلعمية بينما يستطيل الجزء الباقى ويعيد الارتباط مرة ثانية بعد عملية الانسلاخ.أما فى الحشرات الغشائية الأجنحة فتهضم تلك الأنيبيات أثناء تحلل الأنسجة على أن تتكون من جديد فى الحشرات اليافعة.

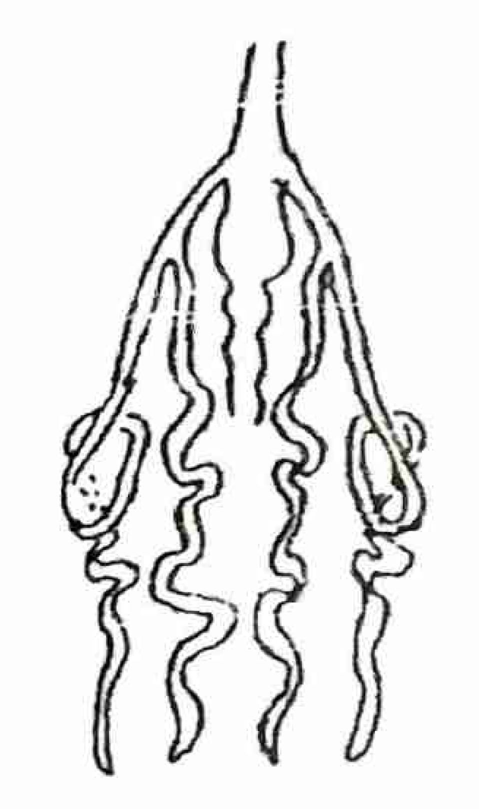
وقد لا يبدأ تكون تلك الأنيبيات إلا فى طور العذراء كما فى حشرات فصيلة Chalcidae.

وظائف أنيبيات ملبيجى Functions of malpighian tubules :

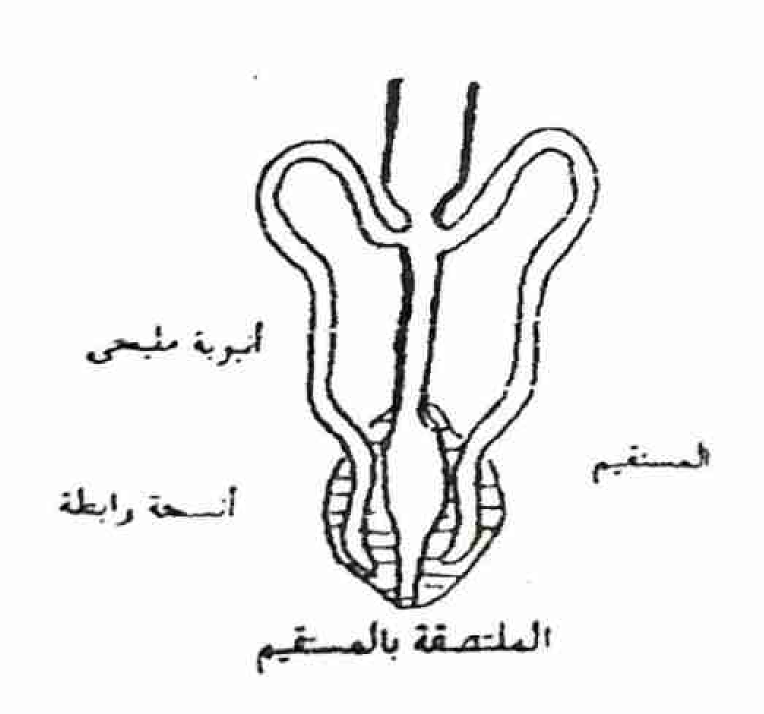
١- يتم استخلاص حمض البوليك من السائل الدموى لجسم الحشرة عن طريق اتحاد هذا الحمض بأملاح الصوديوم أو البوتاسيوم القاعنية حيث تتكون يورات الصوديوم أو البوتاسيومن التى تمتصها أنيبيات ملبيجى.

تتحول يورات الصوديوم أو البوتاسيوم داخل فراغ الأنيبية إلى حمض بوليك وماء والملح القاعدى. حيث يندفع حمض البوليك فى صورته أو فى صورة يوريا على الخارج عن طريق فتحة الشرج أما الماء فيمتص بواسطة حلمات المستقيم أو الأنيبيات وقد ذابت فيه الأملاح القاعدية وتحولت إلى بيكربونات، حيث تعاد إلى الدم مرة ثانية لتعاد وقد تحملت بشحنة أخرى من حمض البوليك وهكذا شكل (٤٩).

٢- تتحور تلك الأنيبيات لتقوم بوظائف أخرى غير الانسلاخ فتمسك أطرافها فى يرقانات أسد المن *Chrysopa* Sp. وتتفرغ أنوية خلاياها عقب وصولها العمر اليرقانى الثانى. كما تقوم تلك المناطق أيضاً بإفراز مادة حريرية تستخدم فى صنع خدر (شرنقة) العذراء. وقبل ذلك تقوم تلك الأنيبيات بإنتاج مادة بروتينية تعمل على تدعيمها أثناء الحركة مع اعتبار هذه الأجزاء نهايات إخراجية فى نفس الوقت. أما حمض البوليك فيخزن أساساً فى الخلايا اليورية Urate cells التى توجد فى الجسم الدهنى Fat body أما أنيبيات ملبيجى فتنتج مادة لاصقة لتغليف بيض خنافس فصيلة Chrysomellidae.







شكل (٤٨) أنابيب مليجى

ومن جهة أخرى فهناك اختلاف شاسع بين مختلف أنواع الحشرات من حيث احتوائها على تلك الأنيبيات. فقد تغيب فى بعض الحشرات مثل *Collembola* والمن Aphids وإذا وجدت فإنها تأخذ صوراً مختلفة، فقد تكون عبارة عن زوائد تشبه الحلمات Papillae كما فى الذباب من جنس *Callophora* أو قد تظهر فى شكل أنيبيبى بسيط كما فى معظم الحشرات. وكما تختلف فى أشكالها فإنها تختلف فى أعدادها فقد تكون زوجاً واحداً كما فى الحشرات القشرية والبق الدقيقى Coccidae وقد تصل ٢٥٠ كما فى الجراد من جنس *Schistocerca* كما قد تزداد أعدادها بتقدم

٢ـ الخلايا الكليية (النفريدية) Nephrocytes

وقد يطلق على هذه الخلايا أيضاً خلايا حول القلبية، وهى أنواع من الخلايا التى توجد إما مفردة أو على هيئة مجاميع فى أجزاء مختلفة من فراغ جسم الحشرة، وإن كانت توجد فى العادة على سطح القلب بحيث تقع على الحاجز القلبى العلوى أو تقع على العضلات الجناحية. وفى حوريات الرعاش توجد تلك الخلايا مبعثرة فى الجسم الدهنى وأما فى حشرات قمل الجسم Pediculus فتكون عبارة عن مجاميع على جانبى المرئ بالإضافة إلى وجود بعضها مبعثراً فى الجسم الدهنى. وأما فى يرقانات رتبة الحشرات الدائرية الانشقاق والتى تتبع الحشرات ذات الجناحين Diptera فتوجد تلك الخلايا على شكل عنقود أو سلسلة بين فرعى الغدة اللعابية شكل (٥٠-أ) ويطرأ على تكوين هذه الخلايا تقدماً تبعاً لمراحل نمو الجسم المختلفة. وتقوم هذه الخلايا بنقل وتحويل النفايات Wast materials إلى صورة أخرى يمكن التخلص منها بواسطة عملية الأيض العادية. ومن المعتقد أن هذه الخلايا ذات دور فعال فى تمثيل البروتين والبروتين الدهنى Lipoprotein هذا بالإضافة إلى الدور الفعال الذى تقوم به فى تنقية الدم من بعض المواد الغريبة كما أنها تعمل على تنظيم ضربات القلب Heart beats.

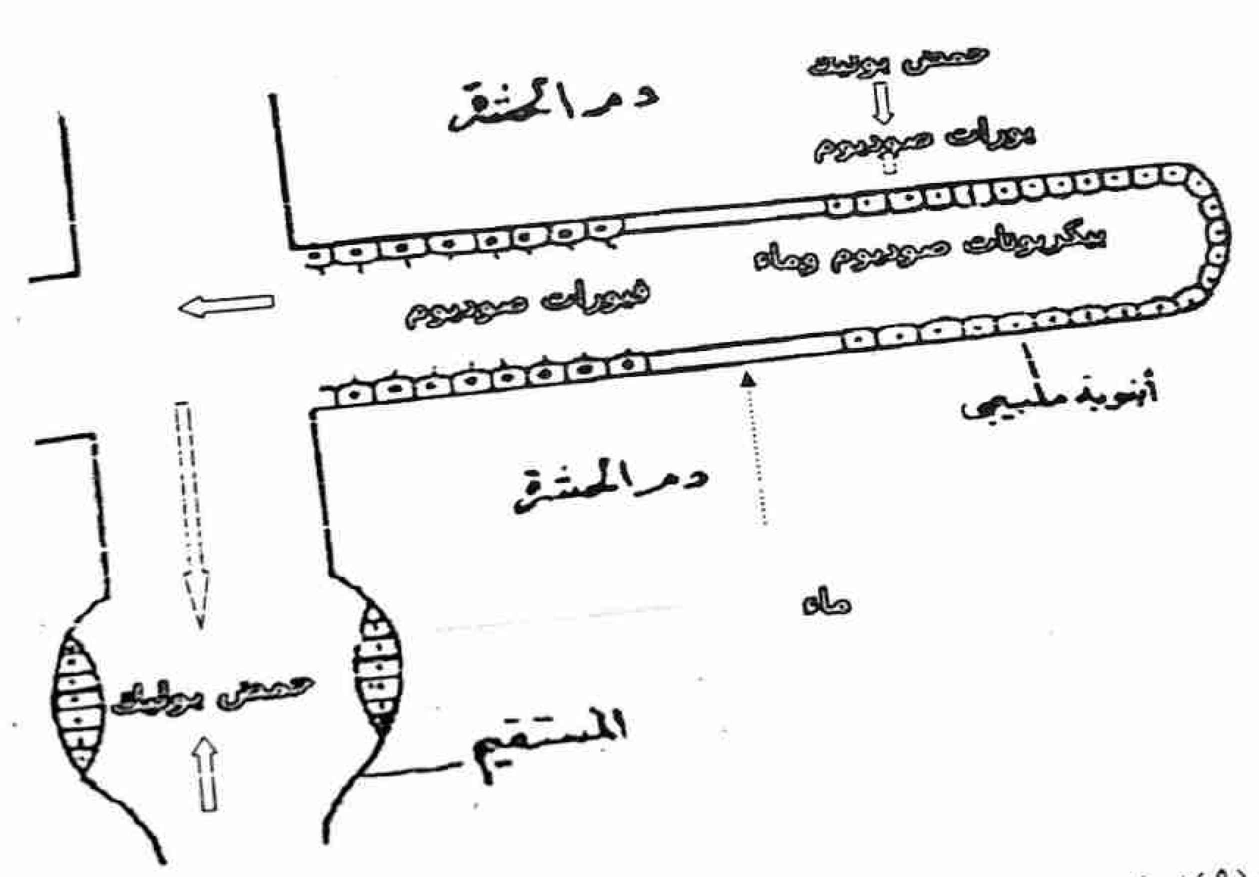
٣ـ الإخراج عن طريق القناة الهضمية Excretoty by the gut

يتم الإخراج فى بعض الحشرات عن طريق القناة الهضمية، فيوجد حمض اليوريك Uric acid فى المعى الأوسط Mid-gut ليرقانات الحشرات الغشائية الأجنحة حيث يأخذ طريقه إلى خارج الجسم عبر المسلك الشرجى. وبالرغم من وجود هذه الحالة فى يرقانات كثير من الحشرات الحرشفية الأجنحة فقد يرجع ذلك إلى تشبع أنيبيبات ملبيجى باليوريا Urine أما فى الصرصور الأمريكى فقد لوحظ خلو أنيبيبات ملبيجى من حمض اليوريك، بينما وجدت حبيبات هذا الحمض فى جدار الجزء الخلفى من المسلك الشرجى بالإضافة إلى وجودها فى محتويات هذا الجزء، الأمر الذى يدعونا إلى القول بأن القناة الهضمية تلعب دوراً هاماً فى الإخراج.

٣- تقوم تلك الأنيبيات بإفراز مادة لعابية تلزم لحياة يرقانات حشرات *Cercopids* التابعة لرتبة الحشرات المتشابهة الأجنحة عن طريق خلايا كبيرة فى الأجزاء القاعدية المتسعة لأنيبيات ملبيجى.

٤- تقوم أنيبيات ملبيجى بإفراز مواد لزجة إبان عملية الانسلاخ تساعد على إتمام تلك العملية.

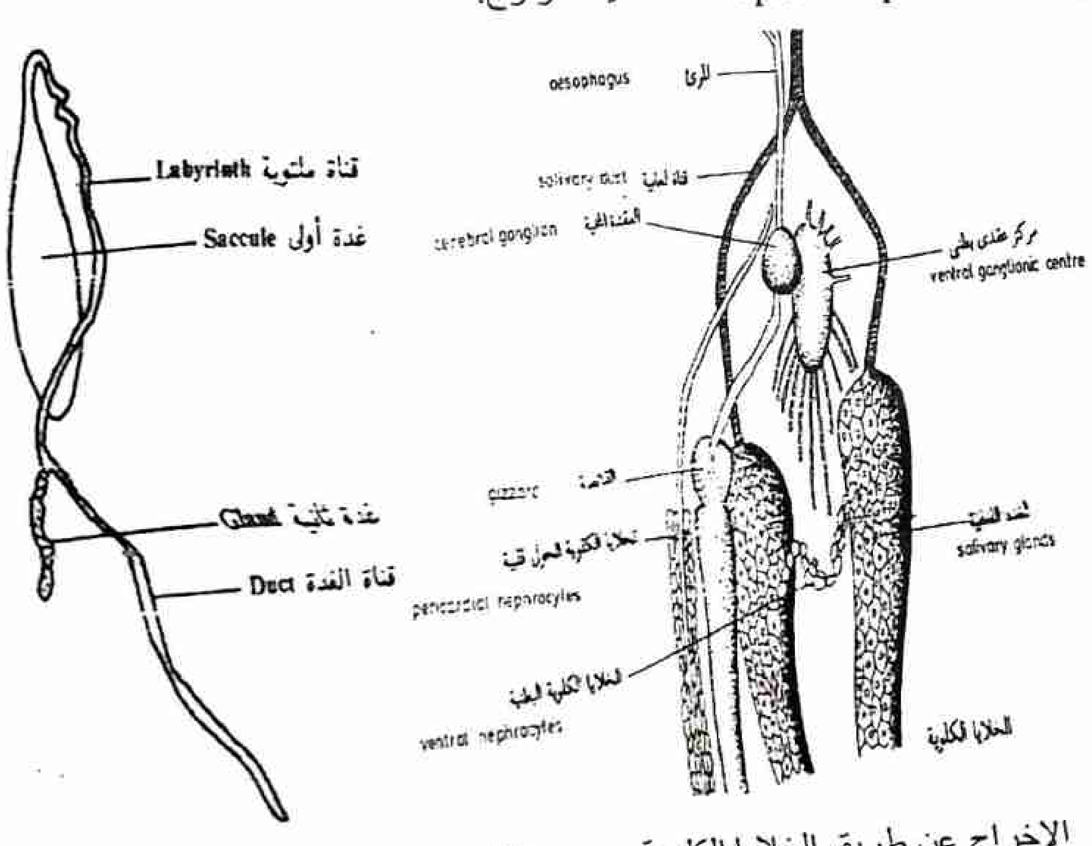
٥- قد تتضخم نهاياتها الطرفية لتكون أعضاء مضيئة Luminous organs كما فى يرقانات ذباب *Poltopila luminosa*.



شكل (٤٩)طريقة إخراج المواد الآزوتية التالفة بوساطة أنبوبة ملبيجى. يسترجع الماء
ى الحشرة عن طريق قاعدة (خط غير متقطع) أو عن طريق المستقيم (خط متقطع).
ر الأسهم إلى الدورة المائية التى يتم بواسطتها عملية الإخراج.

٤ـ أعضاء الإخراج الأخرى Other excretiry organs

قد يتم إخراج حمض اليوريك Uric acid (شكل ٥٠ـب) عن طريق عدد خاصة كما في كما في بعض الحشرات الأولية Collembola نظراً لغياب أنيبيبات ملبيجى حيث يتم الإخراج عن طريق عدد تسمى الغدد الشفوية، تفتح قنواتها عند قاعدة الشفة السفلى ولذلك يطلق عليها Labialglands شكل (ب) أما فى الصرصور الألماني *Blatella germanica* فيخزن حمض اليوليك فى مواضع معينة من الغدد الجنسية الإضافية، ويمكث بها فترة مؤقتة ثم يمر عبر المستودع المنوى Spermatophore أثناء عملية التزاوج.

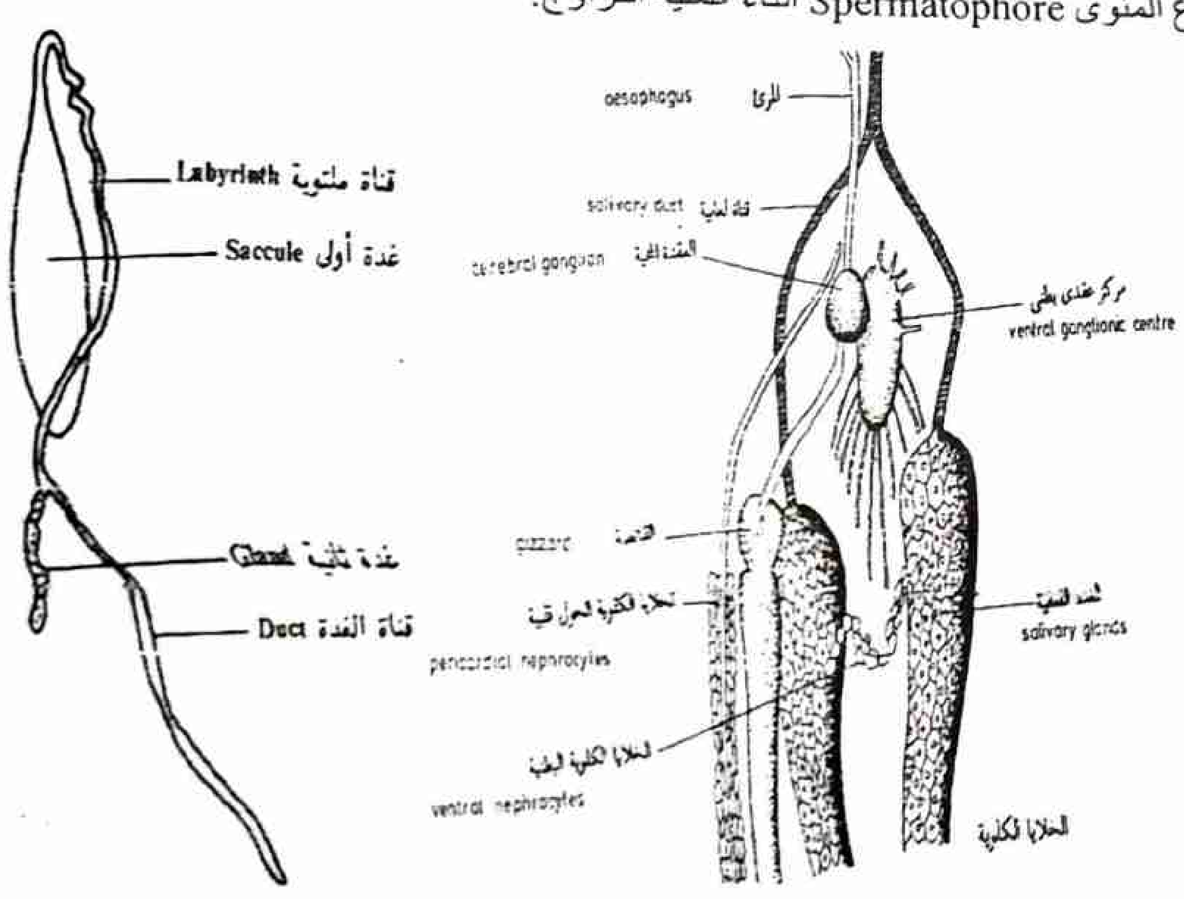


الإخراج عن طريق الغدد الشفوية   الإخراج عن طريق الخلايا الكلوية

شكل (٥٠) يوضح بعض نماذج الإخراج في الحشرات

٤- أعضاء الإخراج الأخرى Other excretiry organs

قد يتم إخراج حمض اليوريك Uric acid (شكل ٥٠ ـ ب) عن طريق عدد خاصة كما فى كما في بعض الحشرات الأولية Collembola نظراً لغياب أنيبيبات ملبيجى حيث يتم الإخراج عن طريق عدد تسمى الغدد الشفوية، تفتح قنواتها عند قاعدة الشفة السفلى ولذلك يطلق عليها Labialglands شكل (ب) أما فى الصرصور الألماني *Blatella germanica* فيخزن حمض اليوليك فى مواضع معينة من الغدد الجنسية الإضافية، ويمكث بها فترة مؤقتة ثم يمر عبر مستودع المنوى Spermatophore أثناء عملية التزاوج.



الإخراج عن طريق الخلايا الكلوية   الإخراج عن طريق الغدد الشفوية

شكل (٥٠) يوضح بعض نماذج الإخراج في الحشرات

٢- التخزين فى طبقة البشرة :

وفى هذة الحالة يكون الغرض من التخزين احد الصور التالية:

أ- التخزين المستديم لتلك المواد او التخزين الموقت فمن الحالة الاولى ما لوحظ من ان يرقات حشرات حرشفية الاجنحة تخزن حمض البوليك فى طبقة البشرة، ومن الحالة الثانية مالوحظ ان حشرة *Rhodnius* تخزن هذا الحمض فى طبقة البشرة اثناء الانسلاخ حيث تتخلص منه ريثما تتم عملية الانسلاخ.

ب- المساهمة فى تلوين الحشرة : يساهم تخزين الحمض فى طبقة البشرة على تلوين الحشرات Dysdercus ، ولعل السبب فى انتشار العلامات البيضاء على سطح الجسم بتقدم هذة الحشرة فى العمر يرجع الى تراكم بلورات حمض البوليك بتلك الطبقة.

وبالمثل فان حشرات اباء الدقيق من جنس Pieris تكتسب الوانها من ترسيب حمض البوليك فى الحراشيف والبقع الملونة لاجنحتها. ومن نافلة القول ان نذكر ان جليد الانسلاخ العذارى يحتوى على ٨٠% من بللورات حمض البوليك فى حشرة ابى دقيق ، اى ان الحشرة تتلخص من هذا المقدار بنبذها هذا الجليد . وفى هذا دليل على ان عملية الانسلاخ تعتبر نوعاً من الاخراج التخزينى.

ج- تقوم يرقات حشرات حرشفية الاجنحة بتخزين المعادن الثقيلة مثل الكبريت فى الخلايا القدعية Goblet cells التى توجد فى المعى الاوسط Midgut.

الإخراج التخزيني (Storage excretion) :-

وتطلق هذه الظاهرة على مالوحظ من ان بعض الحشرات تحتفظ أجسامها ببعض النفايات في صورة غير ضارة Harmless بدلاً من نبذها خارج اجسامها مع البول ، ويحدث ذلك كنوع من تقييد اضرار تلك المواد اذ لا سبيل الى التلخص منها ، فقد غابت أنبيبات ملبيجى تماماً من اجسام تلك الحشرات ، أو قديتم ذلك حتى فى وجودها اما لكونها غير عاملة أو عاملة على حد سواء. وذلك كاحتفاظ الجسم ببعض بلورات حمض البوليك فى مناطق معينة منه ، ويقوم بوظيفة التخزين هذة نوع متخصص من الخلايا يطلق عليه الخلايا اليورية Urate cells التى تنتشر فى مواضع معينة من الجسم وقد يتم التخزين باحدى الطرق التالية:

١- التخزين في الجسم الدهني:

وفى هذه الحالة توجد الخلايا اليورية مبعثرة بين خلايا الجسم الدهنى المغذية Trophocytes لكل من الحشرات القافزة بالذنب وذلك نظراً لغياب انيبيات ملبيجى منها والصرصور الشرقى من جنس Blatta ويرقات Apocrita التابعة للحشرات غشائية الاجنحة حيث توجد انيبيات ملبيجى ولكنها بصورة خاملة وفى هذة الحالة تتراكم بلورات الحمض بهذة الخلايا.

اما يرقات حشرات حرشفية الاجنحة والتى توجد فى حشراتها اليافعة انيبيات ملبيجى بصورة عاملة، فقد لوحظ تراكم حمض البوليك بين خلايا الجسم الدهنى خلال الاعمار اليرقية، اما فى مرحلة الطور العذرى فيمر الحامض خلال تلك الانيبيات حيث يعتبر ذلك اول اخراج حقيقى لها حيث يخرج حمض البوليك فى صورة Meconium ومن المحتمل ان الخلايا اليورية لا تقوم بتخزين هذة النواتج التى تعتبر منتجات نهائية لعمليات التمثيل داخل الخلايا نفسها وليس هناك دليل على ان هذة الخلايا تقوم بتخزين اية مواد تنتج خلال اجزاء الجسم الاخرى ، ومن المحتمل تخزين حمض البوليك فى هذة الصورة يعتبر مخزناً للنتيروجين بغية استخدامه فى انتاج انسجة جديدة.

السائل الدموى. وربما كان لتنفس الحشرات بهذه الصورة المتعددة دور فى انتشارها فى جميع الأوساط البيئية.

تركيب الجهاز القصبى Structure of tracheal system :

يتكون الجهاز التنفسى فى الحشرات شكل (٥١) من المكونات الآتية:

أولاً : الثغور التنفسية The Spiracles :

وهى عبارة عن الفتحات الخارجية للقصبات الهوائية وتوجد على جانبى حلقات الجسم فى صورة أزواج على كل من الغشائين الجانبين (البلورا) فيما عدا حشرات Japyx من رتبة ذات الجناحين فإنها تحمل زوجين من تلك الثغور على صدرها الثالث.

تركيب الثغر التنفسى Structure of spiracle :

يتركب الثغر التنفسى فى أبسط صورة شكل (٥١) كالحشرات عديمة الأجنحة Apterygota من فتحة خارجية يحيط بها صفيحة دائرة هى صفيحة الثغر Peritreme وتؤدى تلك الفتحة إلى جزء متسع يطلق عليه غرفة الثغر أو الدهليز Atrium ويطلق على كل من الفتحة والدهليز مجتمعين اسم الثغر التنفسى، وقد يبطن الثغر إما بأشواك أو شعيرات من شأنها تنقية الهواء الداخل من الأتربة. أما فى حشرات كل من رتبة ذات الجناحين وغمدية الأجنحة فيحرس الثغر بواسطة صفيحة مثقبة يطلق عليها Sieve plate تحتوى عدداً من الثقوب الدقيقة التى تعمل أيضاً على تنقية الهواء من الأتربة وتمنع دخول الماء فى الحشرات المائية. ويتم التحكم فى فتح وإغلاق الثغور جهاز يطلق عليه Closing apparatus ويأخذ أشكالاً مختلفة.

كما قد يكون الثغر محاطاً بزوج من الصمامات الشبه دائرية القابلة للحركة ويتحكم فى فتحه وإغلاقه عضلة واحدة كما فى الزوج الثانى من الثغور التنفسية للنطاطات والذى يقع على الغشاء بين الصدر الأوسط والصدر الأخير ويطلق على هذا الثغر النوع وحيد العضلة One muscle type وهناك النوع ثنائى العضلات Two muscle type ويمثله الثغر الأولى لحشرات رتبة مستقيمة الأجنحة ويوجد بين الصدر الأول والصدر الأوسط ويوجد لهذا الثغر فتحتان وعضلتان إحداهما لفتح الثغر وثانيهما لإغلاقه، وكما يحيط بالثغر صمامان أحدهما ثابت والآخر قابل للحركة.

ويختلف عدد وتركيب الثغور التنفسية اختلافاً بيناً من نوع من الحشرات لنوع آخر. وإذا ما استثنينا الحشرات القافزة بالذنب فإن أعلى رقم تم التعرف عليه من الثغور هو عشرة أزواج من الثغور اثنان منها على الصدر الأوسط والصدر الأخير وثمانية على الثمانى حلقات البطنية الأولى،

رابعاً : الجهاز التنفسى

Respiratory system

لابد للحشرة من الحصول على الطاقة اللازمة لقيامها بوظائفها الحيوية كالهضم والنمو والأخراج والتناسل. والحشرة فى ذلك شأنها شأن بقية الحيوانات. ويتم الحصول على تلك الطاقة من أكسدة المواد الغذائية، وتلك عملية حيوية أخرى يلعب فيها غاز الأكسجين دوراً هاماً عن طريق ما تحتويه المادة الغذائية من الكربون والأيدروجين لينتج الماء وثانى أكسيد الكربون، وأثناء تلك العملية تنطلق الطاقة اللازمة لتوزع على مختلف أنسجة الجسم، ويطلق على هذه العملية الحيوية التنفس Respiration وتتم هذه العملية على ثلاث مراحل :

١- تبادل الغاز بين الوسط الخارجى وبين سطح الجسم أو بين الوسط الخارجى وبين أسطح أعضاء التنفس وهو ما يطلق عليه :

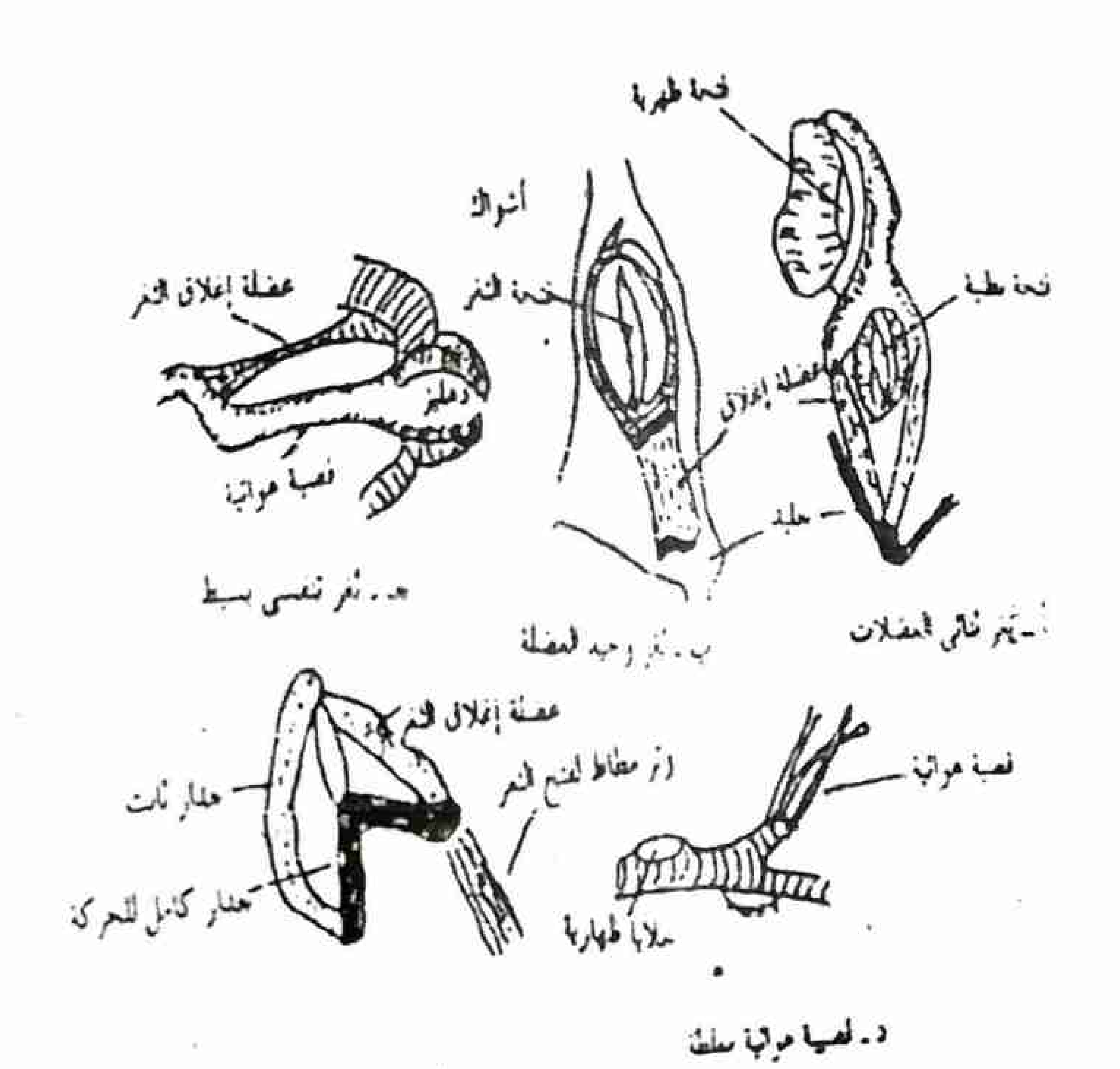
Exchange of gases at the surface of the body or by surface of the respiratory organs.

٢- انتقال غازات التنفس خلال أجزاء الجسم المختلفة بواسطة الانتشار الغازى Diffusion.

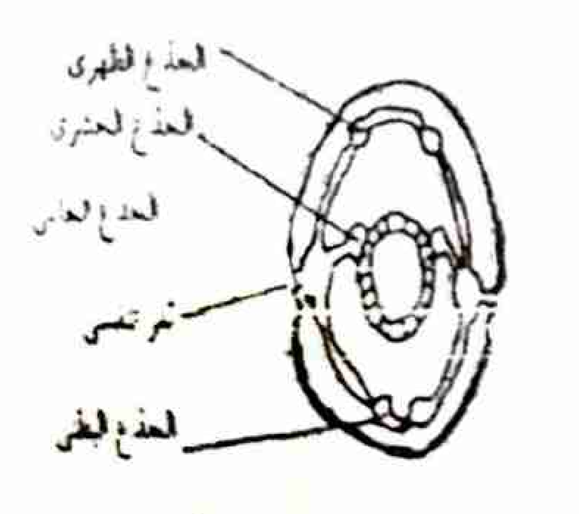
٣- تبادل غازات التنفس داخل أنسجة الجسم المختلفة.

وإذا كان من المقرر أن بعض الحيوانات تتنفس عن طريق جلدها، وبعضها يتنفس بواسطة الخياشيم، وفريق آخر يتنفس عن طريق الرئات فلا تندهش عندما تعلم أن الحشرات قد يتم فيها التنفس بهذه الوسائل جميعاً بالإضافة إلى نوع آخر من الأجهزة التنفسية وتفوق سواها، ألا وهو التنفس عن طريق مجموعة من القصبات والقصيبات التى تفتح على جانبى حلقات الجسم بفتحات يطلق عليها الثغور التنفسية التى توصل الهواء الجوى إلى تلك الأنابيب التى تستدق بدورها حتى تنتهى كل منها فى مجموعة من خلايا أنسجة الجسم وبذلك يصل الهواء الجوى إلى مكان عمله مباشرة داخل الجسم. ويخرج ثانى أكسيد الكربون الناتج عن عملية الأكسدة عن طريق الفتحات التنفسية أو عن طريق جدار الجسم أو عن طريقهما معاً علماً بأن القدر الذى يخرج عن طريق جدار الجسم يقدر بنحو ربع كمية ثانى أكسيد الكربون والذى يقوم بتوصيله إنما هو السائل الدموى.

ومن هنا يتضح أن السائل الدموى لا يقوم بدور فعال فى نقل غاز الأكسجين إلى الأنسجة كما هو الحال فى الفقاريات، اللهم إلا تلك الحالات التى لا يتيسر فيها اتصال نهايات القصيبات الهوائية مهما دقت إلى بعض خلايا الجسم، وفى مثل هذه الحالة يتم انتشار غاز الأكسجين فى



هـ - نموذج لأحد الثغور التنفسية





ذ - قطاع عرضي يبين الثغور التنفسية والقصبات الهوائية وكذا الجذوع

شكل (٥١) الجهاز التنفسي

وقد يقل عدد الثغور عن هذا قليلاً أو كثيراً كما قد ينعدم أصلاً. وعليه فإنه يمكننا تقسيم الحشرات طبقاً لعدد الثغور العاملة إلى ما يلي :

١- الحشرات ذات جهاز تنفسي كامل الثغور (مفتوح) Holopneustic or opened system :

ويحوى هذا النوع عشرة أزواج من الثغور التنفسية العاملة. زوجان صدريان أحدهما بين الصدر الأول والصدر الأوسط وثانيهما بين الصدر الأوسط والصدر الخلفي وكذلك ثمانية أزواج من الثغور التي توجد على حلقات البطن الثمانية الأولى كما في حشرات الصراصير.

٢- حشرات ذات جهاز تنفسي ناقص Hemipneustic :

وهو الجهاز الشائع في كثير من الحشرات، وهو يعني أن تلك الأنواع لها عدد من الثغور التنفسية أقل من النوع السابق ذكره وله عدة صور :

أ- Peripneustic : حشرات ينقصها زوج الثغور التنفسية الذي يقع بين الصدر الأوسط والصدر الخلفي أي يوجد بها تسعة أزواج من الثغور التنفسية العاملة ومثالها حشرات دودة ورق القطن.

ب- النموذج الطرفي Amphipneustic : وهي حشرات لا يعمل بها إلا ثغرا الصدر الأوسط وثغرا الحلقة البطنية الثامنة كما في يرقانات الذبابة المنزلية.

جـ- النموذج الأمامي Propneustic : وهي حشرات لا يعمل بها إلا الزوج الأمامي من الثغور التنفسية.

د- النموذج الخلفي Metapneustic حشرات ذات جهاز تنفسي لايعمل به إلا زوج الثغور التنفسية البطنية الخلفي كما هو الحال في يرقانات البعوض.

٣- حشرات لا توجد لها ثغور تنفسية (جهاز مغلق) Apneustic or closed system :

وفي هذه الحالة تكون جميع الثغور التنفسية خاملة وحينئذ يتم التنفس عن طريق جدار الجسم أو عن طريق الخياشيم وأكثر ما يكون هذا النوع في الحشرات المائية وحشرات الطفيليات الداخلية.

وقد يكون هناك تخصص فى عمل الثغور التنفسية بمعنى أن بعضها يستخدم فى عملية الشهيق والبعض الآخر يقوم بعملية الزفير ففى حشرات الجراد يتخصص كل من الزوج الصدرى والزوج البطنى الأمامى من الثغور التنفسية للقيام بعملية الشهيق بينما تقوم بقية الثغور البطنية بعملية الزفير. ولكن الشائع فى الحشرات أن تقوم الثغور التنفسية جميعاً بهاتين العمليتين معاً على التعاقب، فعملية الزفير يتبعها شهيق وهكذا.

أهم الوظائف الأخرى للجهاز التنفسي Other function of the tracheal system :

للجهاز التنفسى الذى سبق وصفه فوائد أخرى بالنسبة للحشرات غير الوظيفية الأساسية وهى التنفس ونذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلى :

١- يعمل الجهاز التنفسى ككل وبالأخص الأكياس الهوائية على خفض الوزن النوعى للحشرات فتتمكن من الطيران فى الفضاء.

٢- يساعد الحشرات المائية على إتمام عملية العوم أو الطفو كما فى حشرات جنس Dytescus.

٣- يسمح وجود الأكياس الهوائية بنمو أعضاء الجسم الداخلية بدون تغير ملحوظ فى شكل الجسم. ولهذا فإننا نرى أن الجهاز القصبى فى حشرات النطاط من جنس Locusta يحتل ٤٢% من فراغ الجسم فى بداية أى عمر يرقى. بينما نجدها فى نهاية نفس العمر لاتشغل إلا ٣.٨% نظراً لانضغاط الأكياس الهوائية نتيجة لنمو الأعضاء الداخلية الأخرى.

٤- تعمل القصيبات الهوائية فى بعض الفراشات الليلية التابعة لرتبة الحشرات الحرشفية الأجنحة كشريط عاكس أسفل العين ويرتبط العضو الطبلى Tympanal organ عادة بكيس هوائى حتى يسمح له بعملية الرنين.

٥- يعمل الجهاز القصبى كنسيج ضام يربط الأحشاء الداخلية ببعضها، وهذه الوظيفة على درجة كبيرة من الأهمية.

ولما كان حديثنا السابق منصباً على التنفس فى الحشرات الهوائية فإننا نود أن نتعرض لشرح موضوع التنفس فى كل من الحشرات المائية والحشرات المتطفلة داخلياً.

توزيع الجهاز القصبى :Distribution of the tracheal system

يأخذ نظام تفريع او توزيع القصبات الهوائية عدة صور كمايلى :

١- التفريع المستقل : وفيه تؤدى كل فتحة تنفسية الى قصبة هوائية صغيرة تتفرع الى فروع اصغر داخل كل حلقة من حلقات الجسم ولكنها تظل مستقلة ولا ترتبط بغيرها من القصبات السابقة او اللاحقة كما هو الحال في الحشرات عديمة الاجنحة.

٢-التفريع المرتبط : قد تتفرع القصبة الثغرية الى فرعين يتجه احدهما الى الامام حيث يرتبط بالفرع الخلفى للحلقة السابقة ويتجه الفرع الاخر الى الخلف حيث يرتبط بالفرع الامامى من الحلقة اللاحقة ليتكون جذع قصبى طولى جانبي على كل من جهتى الجسم ويطلق عليه Longitudinal tracheal trunk وقد يوجد جذعان طوليان اخران احدهما ظهرى والاخر بطنى يمتدان على كل من جانبى القلب من أعلى والحبل العصبى من أسفل ويرتبط كل من الجذعين الطوليين الجانبين بروابط أو موصلات مستعرضة (شكل ٣٨-و) Transverse commisures.

ميكانيكية التنفس Mechanism of Respiration :

سبق لنا أن عرفنا أن الهواء الجوى يدخل جسم الحشرة عن طريق الثغور التنفسية، ولا يتم ذلك الأمر بمحض الصدفة بل أن هناك تحكم عصبى يحكم إيقاع هذه الحركات عن طريق الجهاز العصبى المركزى Central nervous system فيتنبه جهاز فتح وغلق الثغر عند انخفاض نسبة الأكسجين بالجسم أو عند ارتفاع نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون Carbon dioxide به فإذا ما فتح الثغر التنفسى اندفع الهواء الجوى داخلاً حيث يتم توزيعه بالانتشار كما سبق ذكره وتسمى هذه الحركة حركة تمدد Expanding والهواء الداخل يسمى الشهيق Inspiration وعند إتمام عملية تبادل الغازات يرتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون بالجسم فتحدث حركة تقلص Collapsing على إثرها يندفع غاز ثانى أكسيد الكربون خارج الجسم ويطلق على هذا الغاز غاز الزفير Expiratio وقد تتم هذه الميكانيكية بواسطة كل من العضلات الظهرية الجانبية أو البطنية الجانبية لحلقات الجسم التى تستتبع حركة تقلص أو انبساط حلقات الجسم.

وقد تفى عملية الانتشار الغازى هذه باحتياجات بعض الحشرات وبخاصة أثناء فترة الراحة فى الحشرات ذات النشاط العالى فإنها تحتاج إلى كمية كبيرة من الهواء الجوى تندفع داخل أجسامها ومن هنا تظهر فائدة الأكياس الهوائية التى تساعد على عملية تهوية أجسام تلك الحشرات Ventillati.

ثانياً : القصبات Trachea :

القصبات الهوائية فى تلك الأنابيب الكبيرة التى تلى الثغور التنفسية والتى يبدأ بالجهاز التنفسى، ويصل قطر كل منها نحو ٢ ميكرون وهى انبعاجات داخلية لجدار الجسم ولذلك فهى تتركب من نفس طبقات جدار الجسم، وتبطن القصبة ببطانة جليدية داخلية تدعى Intima وتمتد على صورة حلزون أو فى حلقات مستقلة ويطلق على كل حلقة منها Tanidium وتتكون هذه البطانة من طبقة قاعدية من الجليد ثم طبقة داخلية من البروتين، والكيتين ومن المحتمل أن يكسى سطحها الداخلى بطبقة من الشمع وتنتشر تلك البطانة بمحازاة محور القصبة الطولى وفائدة هذه البطانة هو تدعيم هيكل القصبات الهوائية كى تظل مفتوحة عند انخفاض الضغط بداخلها وأيضاً تقيها من الضغط الخارجى المرتفع.

٣- الأكياس الهوائية Air sacs :

تتسع القصبات الهوائية لكثير من الحشرات فى بعض المواضع لتكون أكياساً هوائية رقيقة الجدر، حيث تغيب منها البطانة الجليدية Intima أو توجد بصورة أثرية وهذه الأكياس تعمل كمخازن للهواء أو إن شئت فهى رئات مصغرة. وتقوم تلك الأكياس بدور هام فى تهوية Ventilation الجهاز التنفسى للحشرات النشطة مثل النحل Apis حيث تنقبض إذا ما وقع عليها ضغط هذا بالإضافة إلى فوائدها الأخرى، وتنتشر تلك الأكياس على طول الجذوع القصبية الرئيسية لكثير من الحشرات.

٤- القصيبات الهوائية Tracheoles :

وهى عبارة عن أنابيب أدق من القصبات الهوائية، يصغر قطرها عن الميكرون وتوجد كتفرعات للقصبة الهوائية فى مواضع مختلفة على طولها وخاصة فى أطرافها وتميز القصيبات بواسطة بطانتها التى تتكون من حيد Ridge جليدى لا تتخلله مادة البروتين الكيتينى ولا يوجد بها تلك الدعامات الحلزونية التى لا توجد بالقصبات الهوائية وأيضاً فإن هذه البطانة القصبية لا تنسلخ كما هو الحال فى البطانة القصبية. تستدق نهاية القصيبة وتكون بسمك خلية واحدة يطلق عليها الذنب القصبى Tracheoblast تنتهى القصيبة فى خلايا تنفسية يتم عندها التنفس أى تبادل الغازات كما تحتوى تلك النهايات على سائل يسمى السائل القصبى Tracheat fluid ويلاحظ أن نهاية القصيبة إذا تخللت خلية ما فيطلق عليها قصيبات داخل الخلايا Intracellular tracheoles وإذا انتهت بين مجموعة من الخلايا فيطلق عليها قصيبات بين الخلايا Interecllular tracheoles.

أولاً : تنفس الحشرات المائية

Respiraton of aquatic insects

تحصل الحشرات المائية على احتياجاتها من الأكسجين أما مباشرة من الهواء الجوى أو من الأكسجين الذائب فى الماء وذلك طبقاً لما يلى :

أ- تنفس الهواء الجوى :

تحصل الغالبية العظمى من الحشرات المائية على احتياجاتها من الأكسجين من الهواء ولها فى ذلك عن طريق:

١- تصعد الحشرة إلى سطح الماء على فترات دورية حيث تزود نفسها بحاجتها من الأكسجين ثم تعود وقد يتم ذلك بواسطة الفتحات التنفسية التى توجد فى نهاية الجسم حيث تصعد إلى سطح الماء وتدفع بنهاية بطنها إلى الخارج لتتزود بالأكسجين كما فى عذارى الخنافس المائية.

٢- قد تزود الحشرة بأنابيب أو سيفونات Siphons فتوجد تلك السيفونات على الحلقة البطنية الثامنة ليرقات البعوض، أما عذارى البعوض فتوجد فتحات هى عبارة عن نهايات القصبات الهوائية فى مقدم الرأس الصدرى.

وأما يرقات ذنب الفأر من جنس Eristalis أو يرقة الذبابة الدوارة وهى من حشرات ذات الجناحين فتعيش فى المياه الآسنة التى لا يوجد بها إلا القليل من الأكسجين ولابد لها من أن تتنفس الأكسجين عن طريق ذيلها، وهو عبارة عن عضو تنفس يتداخل كتداخل المرقب (التلسكوب) له القدرة على الانكماش والانبساط تبعاً لعمق الماء وعادة ما تصل هذا الذيل ستة أمثال طول جسم اليرقة شكل (٥٢).

٣- تستطيع بعض الحشرات مثل خنفساء الماء الكبيرة Dyticus أن تحجز كمية من الهواء الجوى أسفل أجنحتها وقريباً من ثغورها التنفسية لتستفيد بها من التنفس.

٤- لبعض الحشرات المائية القدرة على دفع سيفونات خاصة بنهاية أجسامها داخل الخلايا البرانشيمية الهوائية للنباتات المائية ويمثلها يرقات حشرة Donacia من رتبة غمدية الأجنحة.

ب- تنفس الهواء المذاب فى الماء :

وإذا لم تستطع الحشرات المائية الحصول على الأكسجين من الهواء الجوى بإحدى الطرق ... ة فما عليها إلا أن تستخلص أكسجين الماء بطريقة أو بأخرى كما يلى :

- التنفس خلال سطح الجسم : ينتشر الأكسجين الذائب فى الماء خلال أجسام بعض الحشرات المائية لينقل إلى شبكة القصبات الداخلية ففى دودة الدم وهى يرقانة هموش حمراء اللون تعيش فى البرك ومستنقعات الماء يتم التنفس فيها بهذه الطريقة وعادة يكون الجهاز التنفسى فى هذه الحالة من النوع المغلق أى أن الثغور التنفسية خاملة.

- التنفس بالخياشيم : وهى نموات رقيقة من سطح الجسم أما أن تكون خارجية كما فى يرقانة ذبابة مايو حيث توجد على كل من جانبى حلقات البطن السبع الأولى أو تكون خارجة طرفيه Caudal gills كما فى حوريات الرعاش الصغير Zygoptera حيث توجد ثلاثة خياشيم من هذا الطراز. وأما أن تكون داخلية كما فى حوريات الرعاش الكبير حيث تبرز تلك الخياشيم داخل تجويف المستقيم لتكون ما يعرف بالسلة الخيشومية المستقيمة Rectal branchial basket وتزود تلك الخياشيم بقصبات هوائية تنمو فروعها من الجذع القصبى والبطنى والجذع الظهرى. ويدخل الماء عن طريق فتحة الشرج ثم يقذف منها بعد إتمام التنفس أى أن الماء الداخل يفيد فى التنفس والماء المدفوع يعين على دفع الحورية للأمام. وإما أن تزود تلك الخياشيم بقصبات هوائية كما سبق وإما أن تخلو من القصبات وأيضاً فإنها تختلف من حيث الشكل فقد تكون أنبوبية أو تكون ورقية.

ثانياً : تنفس الطفيليات الداخلية

Respiration of internal parasites

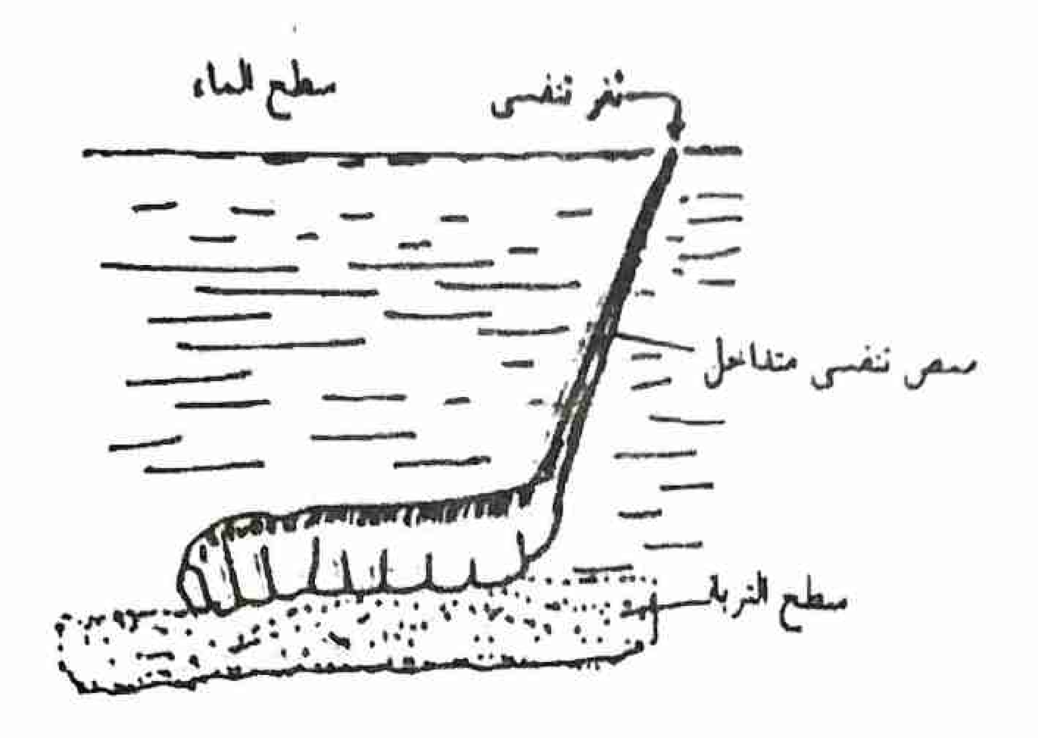
تحصل الطفيليات الداخلية على حاجتها من الأكسجين بعدة صور أيضاً :

أ- تنفس الهواء الجوى : ويتم بعدة صور :

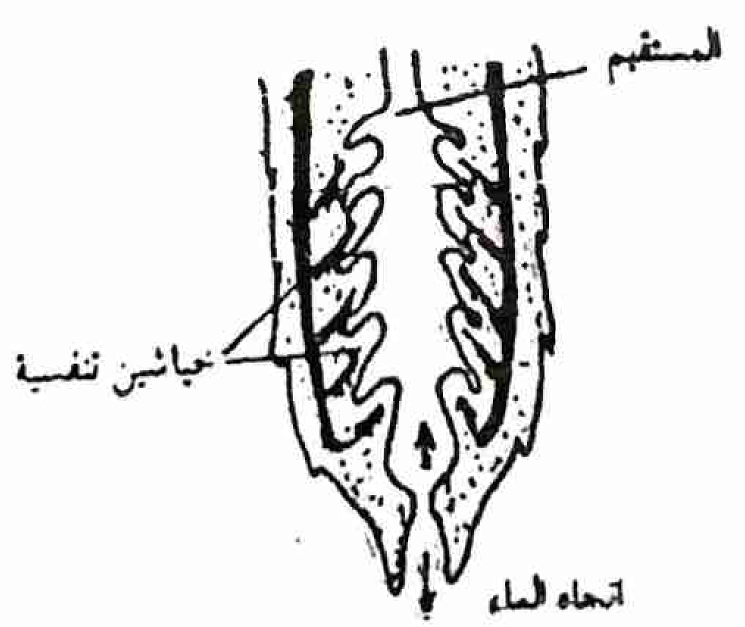
١- توجد فتحات تنفسية فى مؤخرة البطن وفى إمكان الطفيل أن يخرجها خلال ثقب فى جلد حاضنة حيث يتسنى له تنفس الهواء الجوى العادى، كما فى يرقانات ثقف جلد البقر التى تتطفل داخلياً على الماشية.

٢- قد يكون للطفيل القدرة على ثقب إحدى القصبات الهوائية لحاضنه بواسطة مؤخرة الجسم التى تزود، حينئذ بفتحات تنفسية فيحصل على ما يلزمه من أكسجين. كما فى يرقانات حشرات ذبابة التاكينا التى تتطفل على يرقانات دودة ورق القطن.

ب- التنفس الجلدى : إذا لم يتيسر للحشرة المتطفلة داخلياً أن تتنفس بأى من الطرق السابقة فليس أمامها إلا التنفس عن طريق سطح جسمها الذى يكون فى هذه الحالة رقيقاً منفذاً للغازات فتتنفس بالانتشار الغشائى.

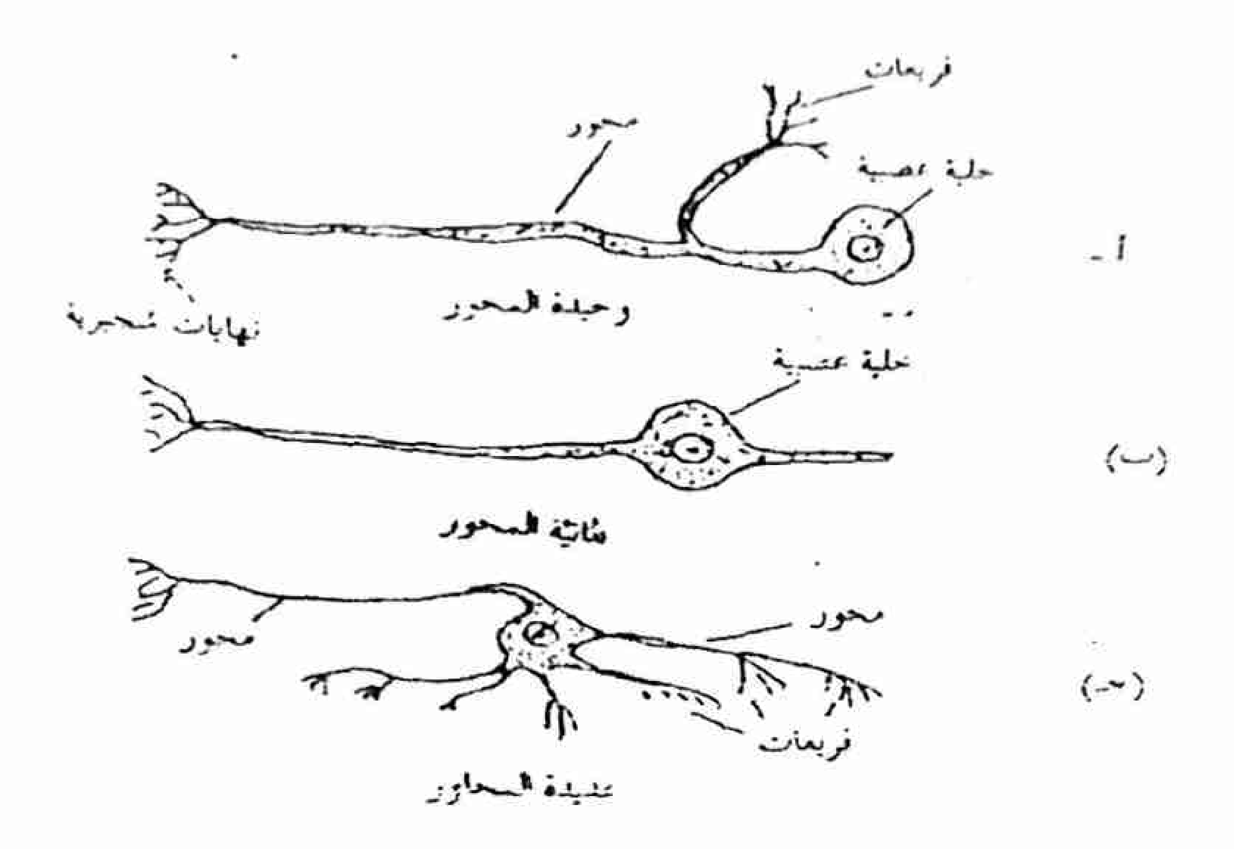


ممص تنفسى فى يرقة ذيل الفأر



رسم توضيحى لخياشيم المستقيم فى حورية الرعاش الكبير

شكل (٥٢)



شكل (٥٣) رسم تخطيطى للأنماط المختلفة من الخلايا العصبية فى الجهاز العصبى للحشرات (الأسهم توضح اتجاه التوصيل العصبى)

أولاً : الجهاز العصبى المركزى

Central nervous system (C.N.S)

هو الجزء الرئيسى من الجهاز العصبى والذى يقع أسفل القناة الهضمية فى وضع يتوسط الجسم ويتركب من المخ والحبل العصبى على نحو ما سنفصله بعد :

أ- المخ Brain :

هو مركز الإحساس الرئيسى، ويتكون من العقد العصبية الأمامية التى اندمجت معاً واحتلت مركزها فى محفظة الرأس أعلى المرئ وفتحة الفم، ولذلك يطلق عليها أحياناً العقدة فوق المريئية Superoesophageal ganglion ومن المعروف أن العقد العصبية قد نشأت فى حالة زوجية ثم التحم كل زوج ليكون عقدة واحدة وفى المناطق التى اندمجت فيها حلقات الجسم كمحفظة الرأس أو مؤخرة الجسم، وعليه فإن المخ قد تكون من اندماج ثلاثة أزواج من العقد العصبية. وليس للمخ حجم ثابت ولكنه يختلف فى درجة نموه بدرجة رقى الحشرات كما هو الحال فى سائر الحيوانات فيكون أكثر نمواً فى الحشرات الاجتماعية Social insects مثل نحل العسل، ويتكون المخ من الأمام إلى الخلف شكل (٥٤) من المناطق التالية:

خامسا : الجهاز العصبى

The Nervous system

الجهاز العصبى هو الجهاز المختص بالتحكم والسيطرة على مراكز الحس المختلفة بالجسم، ومنه تصدر الاستجابة للمؤثرات الخارجية والداخلية على السواء، وكذلك الهيمنة على أنشطة الجسم الحيوية كالهضم والتنفس وغيرها من الأنشطة. ولما كانت الوحدة الأساسية للجهاز العصبى هى الخلية العصبية فإننا نؤثر التحدث عنها أولاً وقبل أن ندخل فى تفصيلات هذا الجهاز حتى يتسنى لنا إدراكه.

الخلية العصبية Nerve cell or neuron :

هى الوحدة الأساسية للجهاز العصبى، وهى ذات تركيب خاص ومهيأه لاستقبال وتوصيل السيالات العصبية بين أجزاء الجسم المختلفة. وتشبه الخلية العصبية فى تركيبها أياً من خلايا الجسم الأخرى حيث تتكون من جسم الخلية Cyton الذى يحتوى على نواة واضحة Nucleus ولكن تختلف عن الخلايا الجسمية العادية من حيث وجود زوائد طولية يطلق عليها المحاور Axons والتى تحمل نهاية كل منها مجموعة من الأفرع الدقيقة أو الزوائد التى يطلق عليها الزوائد الشجيرية Dendrites شكل (٥٣). وقد تكون الخلية العصبية وحيدة المحور Monopolar أو ثنائية المحور Biloplar أو عديدة المحاور Multipolar وعندما تتجمع مجموعة من محاور تلك الخلايا فإنه يتكون بذلك ليف عصبى، وأما العقدة العصبية Nerve ganglion فما هى إلا إلا مجموعة من أجسام الخلايا العصبية التى تقاربت مع بعضها كثيراً وكونت تجمعاً عصبياً أو مركزاً عصبياً. ويعبر السيال العصبى الوارد أو الصادر أثناء مروره من خلية عصبية لأخرى المشبك العصبى Synaps والمشبك العصبى هو النقطة التى تتجاور فيها الزوائد المتفرعة لإحدى الخلايا مع زوائد خلية أخرى حيث أن الخلايا العصبية لا تتصل اتصالاً مباشراً وتقع أجسام الخلايا العصبية الحسية أسفل جدار الجسم وتمتد محاورها الى الجهاز العصبى المركزى الذى تقع به أجسام الخلايا الحركية وخلايا التجمع العصبى وينقسم الجهاز العصبى إلى ثلاثة أقسام هى :

العوينات الجانبية
العين المركبة
الفص البصري
المخ الأمامي
العين البسيطة الوسطية
عصب قرن الاستشعار
العصب الراجع
الرابط المستعرض الجبهى
وصلات بعد مريئية
عصب الشفة العليا
رابطة حول مريئية
عقدة تحت المرئ
منظر أمامى
العقدة الحلقية

عوينة جانبية
عين مركبة
مخ أمامى
أعصاب الجسمان الفؤاديان
عوينة وسطية
الأورطى
الجسمان الفؤاديان
عصب قرن استشعار
عقدة تحت المخ
المخ الأوسط
عصب المرئ الداخلي
المخ الحلقى
العقدة المعدية
العصب الراجع
المرئ
العقدة الجبهية
العصب المرئى الخارجى
العصب الشفوى
رابطة حول مرئية
توصيلات تحت المرئى
منظر جانبى

شكل (٥٤) منظر أمامى وجانبى للمخ والجهاز العصبى الحشوى السمبثاوي فى الجراد

٢- العقدة العصبية الصدرية Thoracic ganglia

وهى عبارة عن ثلاثة أزواج من العقد العصبية بواقع زوج لكل حلقة صدرية، وتقع فوق الصفائح البطنية الحلقات الصدرية مباشرة ويصل هذه العقدة أزواج من الروابط الطولية تبدو كأنها أزواج من الخيوط البيضاء، فيصل العقدة العصبية الصدرية الأولى بالعقدة تحت المرينية زوج من تلك الروابط العصبية كما يخرج من مؤخرة العقدة زوج أخر من الروابط يصلها بمقدم العقدة العصبية الثانية ثم الثالثة وهكذا. ويخرج من كل من تلك العقدة أعصاب تتصل بالأرجل وأخرى بالأجنحة وثالثة تتصل بالعضلات الصدرية فى الحلقات المقابلة.

٣- العقد العصبية البطنية Abdominal ganglia :

وهى ثمانية أزواج من العقد العصبية التى تحتل منطقة البطن بالكيفية المبينة فى العقد الصدرية ولكن يلاحظ أن الروابط الطولية لها لا تكون من الوضوح بحيث ترى كالروابط الصدرية الأمر الذى يجعلها تظهر كخيط فردى وايضاً قد تتقارب العقد من بعضها. وإذا كان من المتوقع أن نجد بكل حلقة بطنية عقدة عصبية فإن ذلك شئ نادر الحدوث حيث توجد ثمانية أزواج من تلك العقد فى الحشرات البدائية كما فى الحشرات القافزة بالذنب ولكن المشاهد في الحشرات الراقية أن هذا العدد قد يتفاوت بصور مختلفة ففى حشرات الصراصير تلتحم العقدة الصدرية الأخيرة بالعقدة البطنية الأولى، بينما تندمج العقد البطنية الخلفية الثلاث لتكون مركزاً عصبياً واضحاً دون سواه فيبلغ عدد العقد البطنية ست عقد عصبية. أما بعض أنواع حشرات نصفية الأجنحة فيتكون الجهاز العصبى المركزى بها من عقدة تحت المرئ والعقدة الصدرية الأولى فى حين تندمج باقى العقد الصدرية مع العقدة العصبية البطنية لتكون مركزاً عصبياً واحداً. وقد يظهر هذا الاندماج أوضح فى حشرات الذباب من رتبة ذاتالجناحين حيث تظهره عقدة تحت المرئ فى حين تندمج باقى العقد الصدرية والبطنية فى مركز عصبى واحد. ويخرج من العقد العصبية البطنية أعصاب تتصل بزوائد البطن وأجهزتها الداخلية.

١- الجزء الأمامي **Protocerebrum**

ويتكون من العقدتين العصبيتين العينيتين وهو أكبر أجزاء المخ، ويقع هذان الفصان أسفل العينين المركبتين حيث تخرج منها أعصاب تغذيهما ولذلك فقد يطلق عليهما الفصان البصريان Optic iobes كما أنها يغذيان العوينات أيضاً Ocelli.

٢- الجزء الثاني **Deutocerbrum** :

ويقع خلف الجزء السابق ويصغره حجماً وقد تكون من اندماج عقدتي قرني الاستشعار ولذلك فقط يطلق عليهما فصا قرني الاستشعار Antennary iobes وتخرج منها أعصاب تغذي قرني الاستشعار، وإذا كنا قد عرفنا أن قرني الاستشعار هما عضوا حس فإن الجزء الثاني من المخ يعتمد على درجة كثافة ونمو أعضاء الحس التي توجد على قرني الاستشعار.

٣- الجزء الثالث **Tritocerebrum** :

ويتكون من اندماج غير كامل لزوج صغير من العقد العصبية المخية، ويقع خلف الجزء الثاني ويتميز إلى فصين تخرج من كل منهما أعصاب تغذي الشفة العليا. ويصل كلا من فصي المخ الثالث، زوج من الروابط المستعرضة التي تمر حول المرئ ويطلق عليهما Circum Oesophageal commisures ويلتفان حول المرئ ليصلا المخ بالعقدة تحت المريئية. ويتحكم الجزء الثالث في عمل الجهاز العصبي الحشوي (السمبثاوي).

ب- الحبل العصبي البطني **Ventral nervecord** :

يتكون الحبل العصبي البطني من مجموعة من العقد العصبية المندمجة مع بعضها ويبدأ بالعقدة تحت المريئية كما في الشكل (٥٥) :

١- العقدة تحت المريئية **Sub-oesophageal** :

وهي عقدة عصبية مركبة من كل من عقدة الفك العلوي، والفك السفلي، والشفة السفلى التي اندمجت مع بعضها في المراحل الجنينية، وتقع هذه العقدة في الجهة البطنية من الرأس أسفل المرئ وبالتالي أسفل المخ، ويربطها بالجزء الثالث الرباط العصبي المستعرض الذي يلتف حول المرئ. وتخرج منها أعصاب تتصل بكل من الفكين العلويين والفكين السفليين وكذلك الشفة السفلى، كما يخرج منها أعصاب تتصل بالقناة اللعابية وأخرى تتصل بالعنق.

ويتجاوز العصب الراجع العقدة تحت المخية لينتهي عند عقدة أخرى صغيرة تدعى ganglion العقدة المعدية.

٢- العقدة تحت المخية والعقدة المرنية

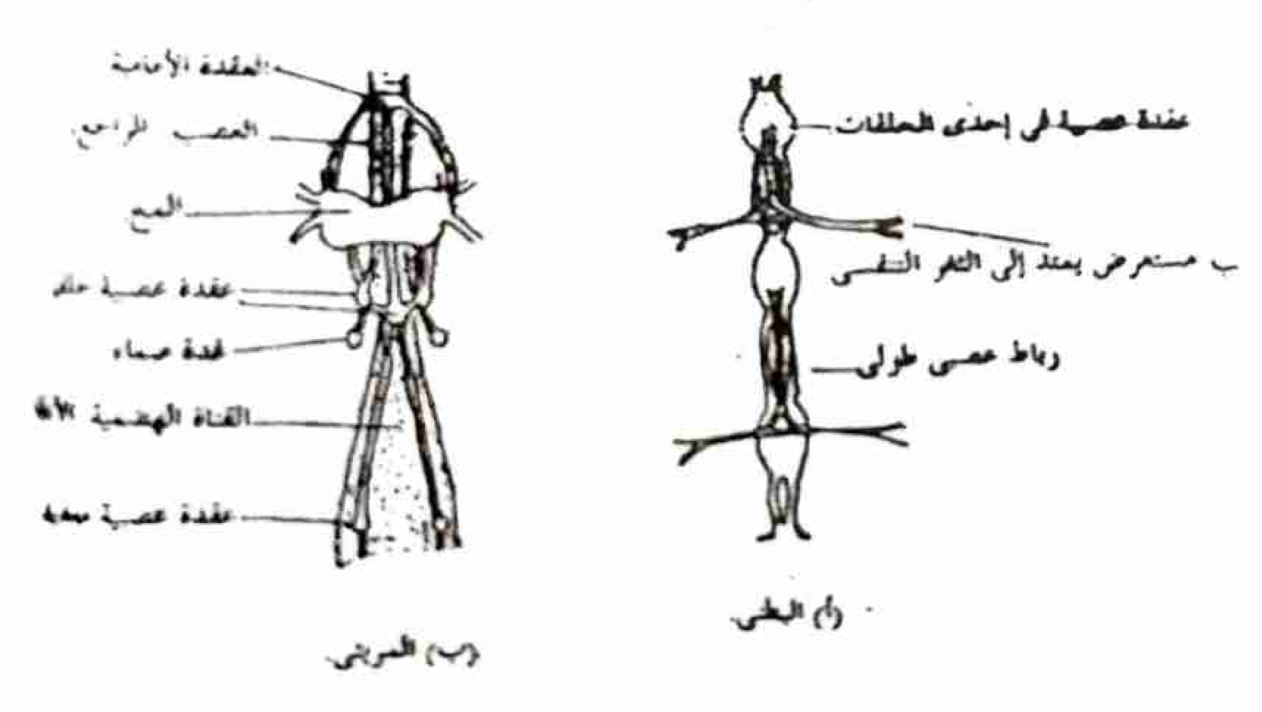
Hypocerebral and oesophageal ganglia

ويخرج من العقدة العصبية التي تعرف بعقدة تحت المخ عصبان طوليان يتصلان بعقدة صغيرة تدعى عقدة المرئ وهي تتصل بالمخ من الجانب المقابل لها كما يخرج منها عصب يتصل بالجسم الألاتي Corpora allata المقابل وهو غدة صماء.

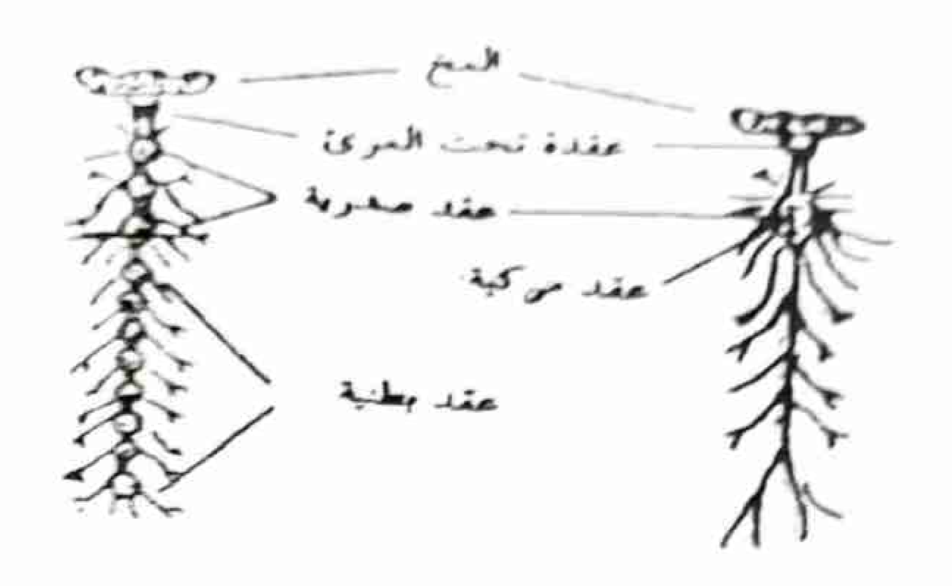
ب- الجهاز العصبي السمبثاوي البطني

Ventral sympathetic nervous system

ويتصل بالجهاز العصبي المركزي في منطقة الحبل العصبي البطني حيث يخرج من أزواج العقد العصبية الصدرية والبطنية أعصاب مستعرضة وتمتد نحو الثغور التنفسية فتتحكم في حركتها الميكانيكية كما سبق ذكره شكل (٥٦-أ).



شكل (٥٦) جانب من الجهاز العصبي السمبثاوي



شكل (٥٥) أقصى نظامين لتوزيع العقد العصبية فى الجهاز العصبى المركزى توضح أ- الحد الأدنى بـ- الحد الأقصى من الإلتحام (الاندماج)

ثانيا : الجهاز العصبى الحشوى (السمبثاوى)

Visceral or sympathetic N.S

ونعنى به الجهاز العصبى الذى يسيطر على أحشاء الحشرة الداخلية ويتميز إلى الأقسام الآتية :

أ- الجهاز العصبى السمبثاوى المريئى

Oesophageal sympathetic nervous system

وهو الجهاز العصبى الحشوى الذى يزود كلا من المعى الأمامى والقلب وأجزاء أخرى تقع فى مقدم جسم الحشرة بالأعصاب ويتصل بالجهاز العصبى المركزى فى منطقة المخ. ويتكون الجهاز العصبى السمبثاوى المريئى شكل (٥٦) مما يلى :

١- العقد العصبية الجبهية Frontal ganglion

وهى عقدة عصبية صغيرة تقع أمام المخ ويرتبطا به فى منطقة الجزء الثالث زوج من الألياف العصبية، بينما يمتد منها عصب جبهى للأمام وآخر يتجه إلى الخلف مارا أسفل المخ وأعلى المرئ ويطلق عليه العصب الراجع Recurrent nerve ليربط تلك العقدة بعقدة أخرى صغيرة قريبا من المنطقة الحلقية البطنية للمخ ويطلق عليها العقدة تحت المخية Hypocerebral

أعضاء الحس The Sense Organs

هى التراكيب التى تنتشر على جدار الجسم لتقوم بتمييز المؤثرات الخارجية كالحرارة والضوء والرطوبة، ويؤدى تنبيه هذه الأعضاء إلى ظهور سيال عصبى يترتب على وصوله إلى إحدى العقد العصبية المركزية تغيير معين فى سلوك الحشرة كالاقتراب من أو الابتعاد عن مصدر ذلك المؤثر. ويطلق على هذه الأعضاء الحسية على اختلاف أنواعها المستقبلات Receptors. ومن المعلوم أن كل واحد منها يتخصص فى استقبال مؤثر معين. بمعنى أن للذوق أعضاء خاصة وللشم كذلك، وكذلك الإبصار.

ويمكننا تقسيم هذه الأعضاء تبعاً لنوع وطبيعة استقبالها إلى ما يأتى:

أولاً: مراكز استقبال المؤثرات الميكانيكية Mecahnoreceptors :

ويقع تحت هذا القسم كل من :

١- مستقبلات اللمس والضغط Langoreceprots.

٢- مستقبلات الأصوات Phonoreceptors.

ثانياً : مراكز استقبال المؤثرات الكيماوية Chemoreceptors

ويشمل هذا القسم كلا من :

١- مراكز الشم Olfactoreceptors.

٢- مراكز الذوق Gustoreceptors.

٣- مراكز استقبال المواد المهيجة Irritoreceptors

ثالثاً : مراكز استقبال الاشعاعات Redioreceptors

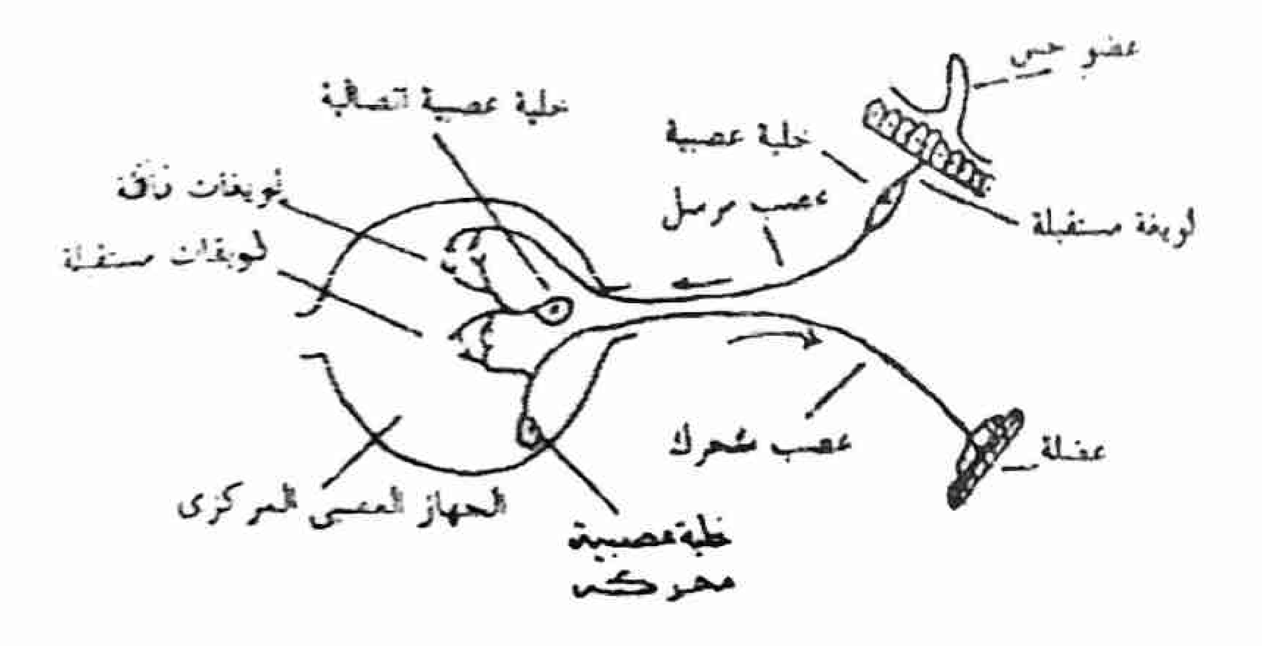
ويندرج تحت هذا القسم الأنواع التالية :

١- مستقبلات الحرارة Caloreceptors.

٢- مستقبلات الرطوبة Frigidoreceptors.

٣- مستقبلات الضوء Photoreceptors.

العصبى وتنقله إلى إحدى الخلايا العصبية المحركة بنفس الصورة فتفرز الخلايا العصبية المحركة سيالاً عصبياً يتجه لينبه الجزء العضلى للسطح المتأثر للقيام برد الفعل المناسب شكل (٥٧).



شكل (٥٧) رسم يوضح أنواع الخلايا العصبية، وطريقة انعكاس المؤثر خلال الخلايا الحسية الاتصالية والمحركة

جـ الجهاز العصبى السمبثاوى الخلفى :

وهو عبارة من مجموعة من الأعصاب التى تخرج من العقدة العصبية البطنية الأخيرة – وهى عقدة مركبة كما سبق بيانه – لتسيطر على حركة المعبر الشرجى والجهاز التناسلى.

ثالثاً : الجهاز العصبى الطرفى

Caudal sympathetic nervous system

وهو عبارة عن مجموعة الأعصاب التى تمتد كنهايات طرفية لأعصاب الجهاز العصبى المركزى والسمبثاوى والتى تتصل بخلايا عصبية مرتبطة بأعضاء الحس المختلفة Sense organs على أنه توجد شبكة من الأعصاب أسفل جدار الجسم مباشرة وهى عبارة عن محاور لخلايا عصبية تعمل على توصيل الخلايا العصبية الحسية بعضها ببعض.

الاحساس بالمؤثرات والاستجابة له :

ذكرنا من قبل أن وحدة الجهاز العصبى هى الخلية العصبية وقسمنا الخلايا العصبية من حيث عدد محاورها إلى ثلاثة أقسام والآن نقسم الخلايا العصبية من حيث وظائفها إلى :

١- الخلية العصبية الحسية Sensory neurone أو الواردة Afferent وكل منها ذات محورين يرتبط أحدهما بأحد أعضاء الحس بينما يمتد الآخر إلى إحدى عقد الجهاز العصبى المركزى وهذه الخلايا هى المسئولة عن حمل السيالات العصبية من أعضاء الحس إلى الجهاز العصبى المركزى.

٢- الخلايا العصبية المحركة (الصادرة) Motor (Efferent) neurones :

ويقصد بها الخلايا التى تكون أجسام العقد المكزية ويمتد أحد محاورها الذى يسمى العصب المحرك Motor nerve إلى أحد الأنسجة العضلية السطحية. ويحمل السيالات العصبية الحسية التى وقع عليها التأثير.

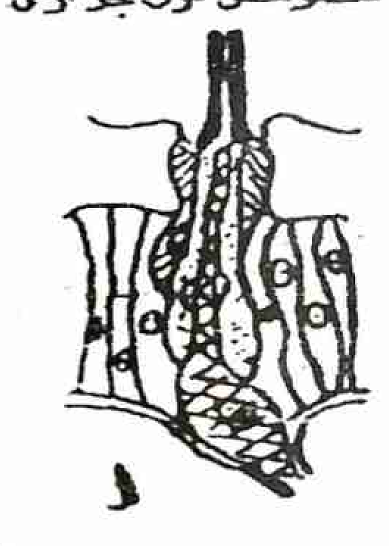
٣- الخلايا العصبية المجمعة أو الاتصالية Association :

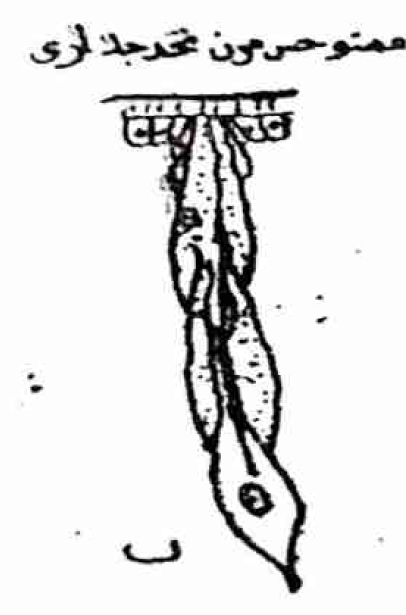
وهى الخلايا العصبية التى توجد بأجسامها ومحاورها داخل العقد العصبية للجهاز العصبى المركزى ولها محوران ذواتا زوائد شجيرية حرة يتجه إحداهما إلى المحور الداخلى لإحدى الخلايا العصبية الحسية والآخر جهة المحور الداخلى لإحدى الخلايا العصبية المحركة أى أنها تعمل كموصلات بين النوعين السابقين. فيمر السيال العصبى من العقد المتأثر عبر محورها العصبى الداخلى حتى يصل إلى الزوائد الشجيرية لإحدى الخلايا العصبية الموصلة التى تستقبل هذا السيال

ب- الاعضاء الحسية المرنة (الداخلية) Chorodotonal organs:

أعضاء الحس المرنة عبارة عن الاعضاء الحسية التى توجد داخل بعض أجزاء الجسم مثل قرون الاستشعار والملامس والارجل وغيرهما كما توجد فى فراغ الجسم وتوجد مثل هذه الاعضاء على هيئة حزام. تتكون كل حزمة منها من وحدات حسية يطلق عليها Scolopophago esscolopidia وهى ذات أشكال مغزلية تمتد طوليا فى مجموعة من الالياف المرنة التى تصل مابين نقطتين متباعدتين على جدار الجسم أو تصل أحد طرفيها بالجليد بينما يظل سائبا فى فراغ الجسم. ويعرف النوع الاول بعضو الحس المرن الجدارى Integumental فى حين يعرف الثانى بعضو الحس المرن تحت الجدارى Sub- genual شكل (٥٨ب).







شكل (٥٨)

وتتركب الوحدة الحسية Scolopopoce من خلية عصبية ذات قطبين ، يغلف أحدهما (السطحى) بخلية مغلفة Scolopal cell وأخرى قمية Cap cell ويتكون داخل الخلية المغلفة قضيب حسىScolopal تتصل قاعدته بفراغ Vacuole يحتوى على نوع من السوائل بينما يتغلظ طرف القضيب الحسى ليكون الكعبرة الطرفية End- knob وتوجد بداخل الوحدة الحسية ليفة محورية تمتد حتى تتصل بالكعبرة الطرفية للقضيب الحسى.

وأما عضو جونستون Johns s organ فهو عضو حس مرن ويوجد داخل العقلة الثانية من قرن الاستشعار فى معظم الحشرات المجنحة ، ولكنه ينمو بوضوح فى ذكور حشرات عائلتى Culicdae -Chironomidae كما فى ذكران البعوض. فيتكون من مجموعة من الاعضاء الحسية المرنة المرتبة ترتيبا شعاعيا بحيث تتصل نهايتها السفلى بجدار العقلة بينما تتصل

أولا مراكز إستقبال الموءثرات الميكانيكية Mechanoreclptors

وتعنى تلك الأعضاء التى ينتج عن لمسها أوصدامها بجسم أخر تغير ميكانيكى فى أحد أجزائها،وتتأثر أيضا باهتزاز موجات الهواء أو الماء أو الاجسام الصلبة ،ولا يدع إذا أن تتدرج أعضاء السمع تحت هذا النوع Sense of hearing وتشمل أيضا الاحساس بقوة الجاذبية الارضية. ولكى تدرك وظيفة هذه الاعضاء ، فسنتكلم عن أنواع هذه المستقبلات فيما يلى:

١- مستقبلات اللمس والضغط Langoreceptors

وتقوم مثل هذه الاعضاء بالاحساس بالاجسام أو الاشياء عن طريق ملامستها اياهاأو عن طريق موجات اهتزازية تصدر عنها ويطلق عليها حينئذ اللمس Tutchوحينما تزداد شدة لمس المؤثر للعضو المستقبل فإنه يطلق على هذه الحالة الضغط Pressure وعادة ما تنتشر تلك الاعضاء على سطح الجسم أو تكون فى شكل تجمعات تسمح لها بملامسة الاشياء الملامسة بصفة عامة.

وهناك أشكال مختلفة لهذه الاعضاء نذكر منها مايلى:

١- شعيرات اللمس Tactile hairs or trichoidsensilla:

وقد يطلق عليها الشعيرات الحسية المتمفصلة Sensory hairs وتتركب الشعرة اللمسية شكل (٥٨-أ) من خلية أسفل البشرة يطلق عليها مولدة الشعرة Trichoen cell وتحاط بخلية أخرى هى مولدة الغشاء Tormogenوتتصل الشعرة الحسية بخلية عصبية أو بخليتين ، بينما تتصل شعيرات الحس الكيماوى بمجموعة من الخلايا العصبية، ويحيط بمحور الخلية العصبية القريب من الشعرة غمد يطلق علية القضيب الحسى Scolopale وقد يغطى هذا القضيب بغطاء يطلق عليه غطاء القضيبأو الجسم الطرفى Apical body وتتمفصل الشعرة مع جدار الجسم بغشاء يغطى نقرة الشعرة وبذلك تكون حرة الحركة ، وتتأثر الشعرة الحسية كنتيجة للمس جسم أخر أو عن طريق وصول ذبذبات الهواء إليها وعلى الفور تبرق رسالة إلى الحبل العصبى الرئيسى لتنبهة، وتقوم النهاية العصبية السطحية للخلية العصبية بنقل الرسالة ويؤدى ذلك إلى الجهد الإستقبالى Receptor potential وتوجد هذه الشعيرات بصفة خاصة على قرون الإستشعار وعقل الرسغ والقرون الشرجية. فابرة العجوز وصرصور الغيط وغيرهما من الحشرات التى تقطن الانفاق تزود قرون الاستشعار بأعداد وفيرة من تلك الشعيرات تتفادى بها الاجسام الصلبة التى تعترض حركتها . وأصدق دليل على ذلك هو الذبابة المنزلية، حيث تطير مسرعة عند تحرك الاجسام بالقرب منها، فإذا ما وضعنا حائلا زجاجيا بينها وبين الجسم المتحرك فإنها لا تشعر بتلك الحركة وبالتالى لا تلوذ بالفرار.

أطرافها الامامية بالغشاء الرقيق الذى يعمل ما بين العقلتين الثانية والثالثة. وتتصل محاور الخلايا العصبية بالعصب الرئيسى لقرن الاستشعار . وقد يكون لهذا العضو وظائف أخرى.

٢- مستقبلات الاصوات Phonoreceptors:

للحشرات أجهزة سمع خاصة تختلف أماكنها باختلاف الحشرات فمن المعروف أن الموجات الصوتية ينتج عنها إختلاف فى ضغط الهواء الجوى ، حيث تصل هذه الذبذبات إلى عضو السمع Audioty organ الذى يمكنه رصد هذه الموجات وتفسيرها إلى أصوات خاصة بها.

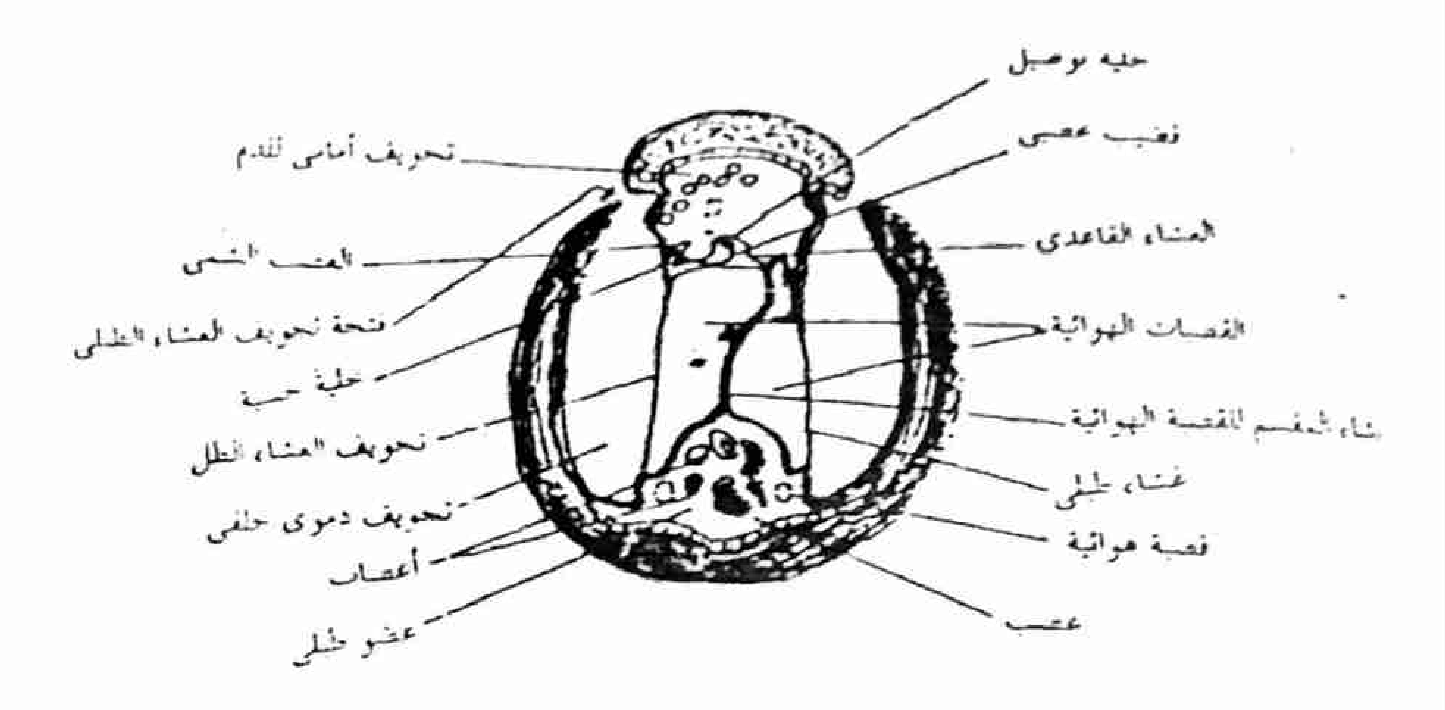
أ- وقد تنتشر على سطح الجسم شعيرات خاصة تقوم بهذه الوظيفة كما فى يرقانات أبى دقيق الخبازى . أو توجد تلك الشعيرات على أجزاء معينة من الجسم مثل قرون الاستشعار كما فى ذكور البعوض ، كما توجد على القرون الشرجية لبعض الحشرات المستقيمة الاجنحة ، فيتم السمع فى الصرصور الشرقى *Blatta orientalis* وذبابة مايو عن طريق الشعيرات الحساسة التى لها القدرة على تفسير ذبذبات صوتية مختلفة قد تكون خافتة بحيث لا يمكن أن تحسها أذن الانسان.

فسبحان الله الذى يسمع دبيب النملة السوداء على الصخرة الملساء فى الليلة الظلماء.

- وقد توجد لبعض الحشرات أعضاء سمع خاصة تعرف بالاعضاء الطبلية Tympanal organ وهى عبارة عن تراكيب مزدوجة يتركب كل منها من غشاء طبلى Tympanum وشعيرات حسية مرنة بالاضافة إلى وجود أكياس هوائية ومن أهم هذه الاعضاء مايلى:

عضو السمع فى حشرات النطاطات ذات القرون القصيرة والتى تتبع عائلة Acrididae

يتكون هذا العضو كما فى الشكل (٥٩) من غشاء طبلى يظهر بوضوح فى انخفاض على جانبى الحلقة البطنية الاولى ويحاط هذا الغشاء بطبقة جليدية ، ويوجد أمامه مباشرة ثغر تنفسى يتصل بكيس هوائى كبير يلتصق بالسطح الداخلى التى تكون انتفاخا يعرف بعضو مولر Mullers organ ويخرج منه العصب السمعى Auditory nerve الذى يتصل بالحلقة الصدرية الثالثة .



شكل (٥٩) مقطع عرضي خلال قاعدة الساق الأمامية يوضح ترتيب أعضاء الحس الطبلية

كما يوجد أيضا زائدتان جليديتان تصنعان زاوية منفرجة ، ويوجد بمنتصف المسافة بينهما عضو آخر دقيق ينتهي بحوصلة كمثرية الشكل يملؤها سائل. ومن شأن هذه التراكيب الملتصقة بالسطح الداخلي للغشاء الطبلي أن تمكنه من نقل الذبذبات الصوتية إلى الجهاز العصبي الذي يترجمها فورا ويصدر أوامره بالاحتياطات اللازمة تجاه هذا الموقف.

هذا وتوجد لحشرات عائلة الجراد ذي القرون الطويلة أعضاء سمع مثل التي سبق بيانها مع ملاحظة أنها توجد أسفل شق طولي Silt- Like Opening على قصبتي كل من الرجل الامامية حيث تؤدي إلى جهاز طبلي.

٢- الشعيرات الحسية ذات القبو(الجرسية) **Campanifrom sensiilae:**

تنتشر هذه الشعيرات على أماكن خاصة من سطح الجسم ، وتظهر كمساحات بيضاوية الشكل أو مستديرة مقوسة شفافة تحيط بها حواف كيتينية سميكة وداكنة شكل(٦٠) فتوجد هذه الشعيرات على سيقان الارجل الخلفية للصرصور الامريكي كما توجد على قاعدة دبوس التوازن في الذباب ثلاث مجاميع من هذه الشعيرات ويوجد تغليظ كيتيني على المحور الطولي للقبو، كما أن وجود هذه الشعيرات يفيد الحشرة في الاتزان . كما يوجد أسفل القبو خليتان متميزتان من خلايا البشرة أحدهما كبيرة تكون القبو والاخرى صغيرة تساعدها وتوجدأيضا خلية عصبية ذات قطبين يتكون من أحدهما (القريب للقبو) قضيب حسي Scolopale.

أطرافها الامامية بالغشاء الرقيق الذى يعمل ما بين العقلتين الثانية والثالثة. وتتصل محاور الخلايا العصبية بالعصب الرئيسى لقرن الاستشعار . وقد يكون لهذا العضو وظائف أخرى.

٢- مستقبلات الاصوات Phonoreceptors:

للحشرات أجهزة سمع خاصة تختلف أماكنها باختلاف الحشرات فمن المعروف أن الموجات الصوتية ينتج عنها إختلاف فى ضغط الهواء الجوى ، حيث تصل هذه الذبذبات إلى عضو السمع Audioty organ الذى يمكنه رصد هذه الموجات وتفسيرها إلى أصوات خاصة بها.

أ- وقد تنتشر على سطح الجسم شعيرات خاصة تقوم بهذه الوظيفة كما فى يرقانات أبى دقيق الخبازى . أو توجد تلك الشعيرات على أجزاء معينة من الجسم مثل قرون الاستشعار كما فى ذكور البعوض ، كما توجد على القرون الشرجية لبعض الحشرات المستقيمة الاجنحة ، فيتم السمع فى الصرصور الشرقى *Blatta orientalis* وذبابة مايو عن طريق الشعيرات الحساسة التى لها القدرة على تفسير ذبذبات صوتية مختلفة قد تكون خافتة بحيث لا يمكن أن تحسها أذن الانسان.

فسبحان الله الذى يسمع دبيب النملة السوداء على الصخرة الملساء فى الليلة الظلماء.

ب- وقد توجد لبعض الحشرات أعضاء سمع خاصة تعرف بالاعضاء الطبلية Tympanal organs وهى عبارة عن تراكيب مزدوجة يتركب كل منها من غشاء طبلى Tympanum وشعيرات حسية مرنة بالاضافة إلى وجود أكياس هوائية ومن أهم هذه الاعضاء ماينى:

١- عضو السمع فى حشرات النطاطات ذات القرون القصيرة والتى تتبع عائلة Acrididae ويتكون هذا العضو كما فى الشكل (٥٩) من غشاء طبلى يظهر بوضوح فى انخفاض على جانبى الحلقة البطنية الاولى ويحاط هذا الغشاء بطبقة جلدية ، ويوجد أمامه مباشرة ثغر تنفسى يتصل بكيس هوائى كبير يلتصق بالسطح الداخلى التى تكون انتفاخا يعرف بعض موار Mullers organ يخرج منه العصب السمعى Auditory nerve الذى يتصل بالحلقة الصدرية الثالثة .

٤- يقوم عضو السمع الجرسي في ذكور السيكادا من رتبة نصفية الاجنحة باصدار أصوات ،حيث يوجد زوج من الاغشية الطبلية على أسفل البطن ويتصل بالغشاء عضو داخلي قوى يستطيع جذب الغشاء للداخل ثم يتركه فجأة ليصدر عن ذلك صوت حاد.

٥- يكفي اندفاع الهواء من القصيبات الهوائية إلى الثغور التنفسية لملكات النحل أثناء طيرانها في حفلة الزفاف، يكفي لإحداث صوت خاص شبيه بالصفير.

ثانيا: مراكز إستقبال المؤثرات الكيماوية Chemoreceptors:

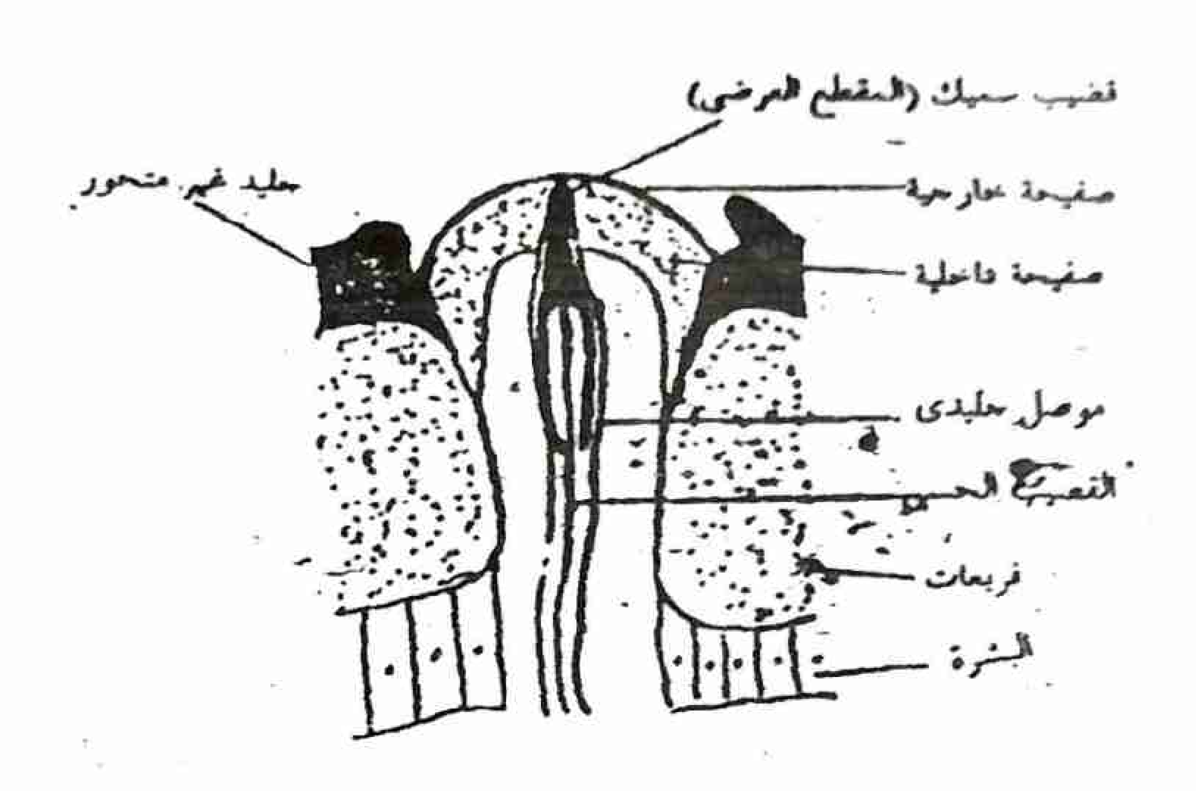
ويقصد بمراكز إستقبال المؤثرات الكيماوية تلك الاعضاء التي بواسطتها يتمكن الحيوان من إدراك مايحيط به من المواد الكيماوية ويمثلها مراكز الشم ومراكز الذوق ومراكز إدراك المواد الكيماوية المهيجة مثل الأمونيا. فبواسطة هذه الاعضاء تتعرف الحشرات على غذائها المفضل أو تفر هاربة من عدويتربص بها دائرة السوء. وبالرغم من إنتشار هذه الاعضاء إلا أنها توجد بصفة خاصة على كل من قرون الاستشعار ،اجزاء الفم والارجل. ومن الصفات الهامة التي تميز تلك الاعضاء هي أن النهاية العصبيةالبعيدة تخترق جليد الشعرة في عدة مواضع، أي أنها تترك القضيب الحسي Solopale وتمتد في جسم الشعرة.

ويتشابه كل من أعضاء الذوق والشم إلى حد كبيرمن الناحية الظاهرية غير أن إعضاء الشم تمتاز بشدة حساسيتها وقد يرجع ذلك إلى إتصال عضو الشم بعدد أكثر من الخلايا العصبية في عضو التذوق مع أن كلا النوعين يمتازان بان جليده رقيق.

وسنتاول هذه المراكز وفقا لما يلي:

أ- مراكز الشم Olfactoreceptors:

وتتركز أعضاء الشم غالبا في قرون الإستشعار . وقد تكون استجابة الحشرات للمواد الكيماوية استجابة سالبة أو موجبة فتنجذب يرقانات أبي دقيق الكرنب نحو نباتات الكرنب كما تنجذب ذبابة الدروسوفيلا نحو المواد المتخمرة وكذلك الجعال حينما تنجذب روث الماشية حيث تضع بيضها فيه . وتنجذب ذكور الفراشات إلى إناثها بواسطة الروائح التي تفرزها الاناث وقد تحمل مراكز الشم على الملامس الشفوية والفكية كما في حشرات الصرصور الامريكي ، وبالاضافة إلى ذلك فإن الحشرات تهتدي إماكن وضع البيض والتعرف على العائل وتتعرف على أفراد نوعها في حالة الحشرات الإجتماعية Social insects كالنحل والنمل . ويمكن الإستفادة من هذه الظاهرة في مكافحة الأفات وذلك بوضع مواد ذات رائحة جذابة أو طاردة لإقتناص أو طريد الحشرات الضارة.وهناك عدة أنواع من تلك الأنواع المستخدمة في الشم :



شكل(٦٠) مقطع تخطيطي خلال شعيرة جرسية

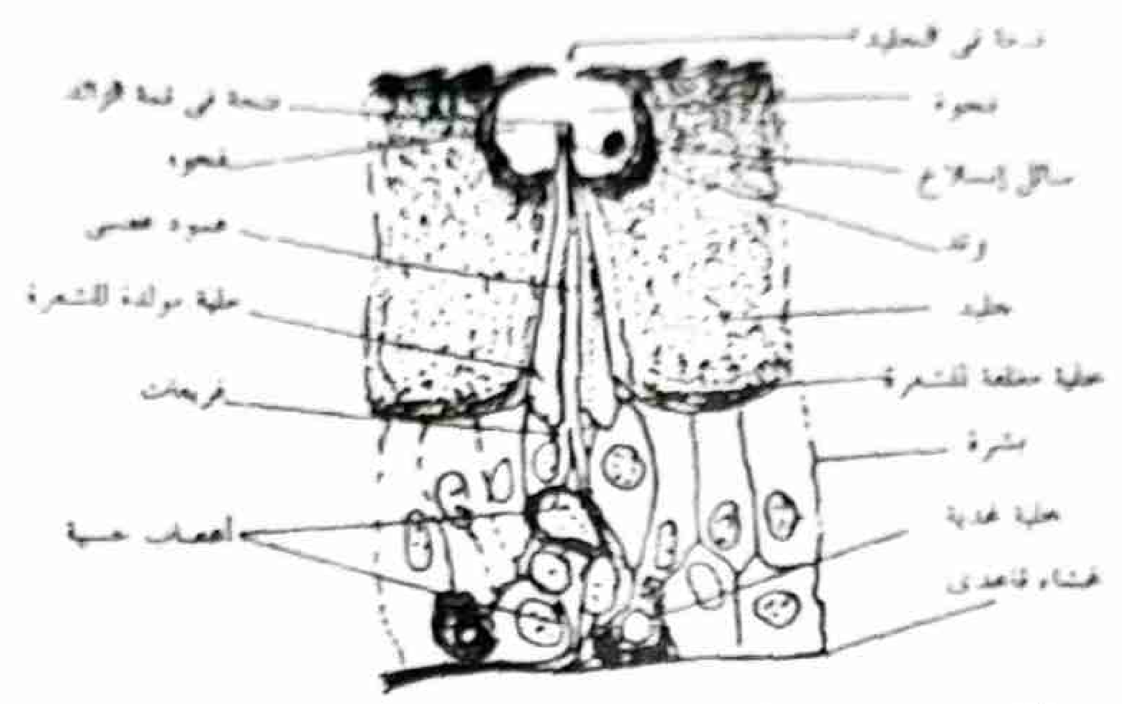
وما دمنا قد تعرضنا لحاسة السمع فإن الحديث يجرنا إلى التعرف على سماع الحشرات بعضها بعضا. فمن الحشرات ماله القدرة على إحداث أصوات قد تكون وسيلة للتفاهم أو الغزل الجنسي يصدرها الجنسان معاًأويتخصص في إصدارها الذكور فقط وتحدث الحشرات أصواتا بصور شتى نذكر منها:

١- القرع Tapping كما في حفارات الخشب والنمل الابيض، حيث تنقر الحشرة الارض أو سطح الخشب برأسها فتحدث صوتا خافتا.

٢- الترتيب: ويعنى امرار جزء من الجسم على جزء اخر فيعمل عمل الربابة وذلك كما في ذكور صراصيرGryllidae حيث يصدر الصوت عن طريق إمرار الحافة الخلفية للجناح الامامى على السطح السفلى للجناح الخلفى فينبعث صوت شبية بالصفير.

أما في الجراد والنطاطات فتحتك الحافة الخلفية للجناح الامامى بنتوءات مسننة على الفخذ الخلفية ينبعث صوت على أثرها. وأما حشرة فرقع لوز فتحدث أصواتا عن طريق زائدتى صفيحة الصدر الامامى الظهرية على الصدر الاوسط.

٣- الاهتزاز: قد تهتز الاجنحة بصورة منتظمة وسريعة من شأنها إصدار أصوات كما هو الحال في حشرات الذباب والبعوض.



شكل (٦٧) رسم تخطيطي لشعرة مخروطية التجويف في قرن استشعار النطاط

ب- الصفائح المثقبة Pore plates

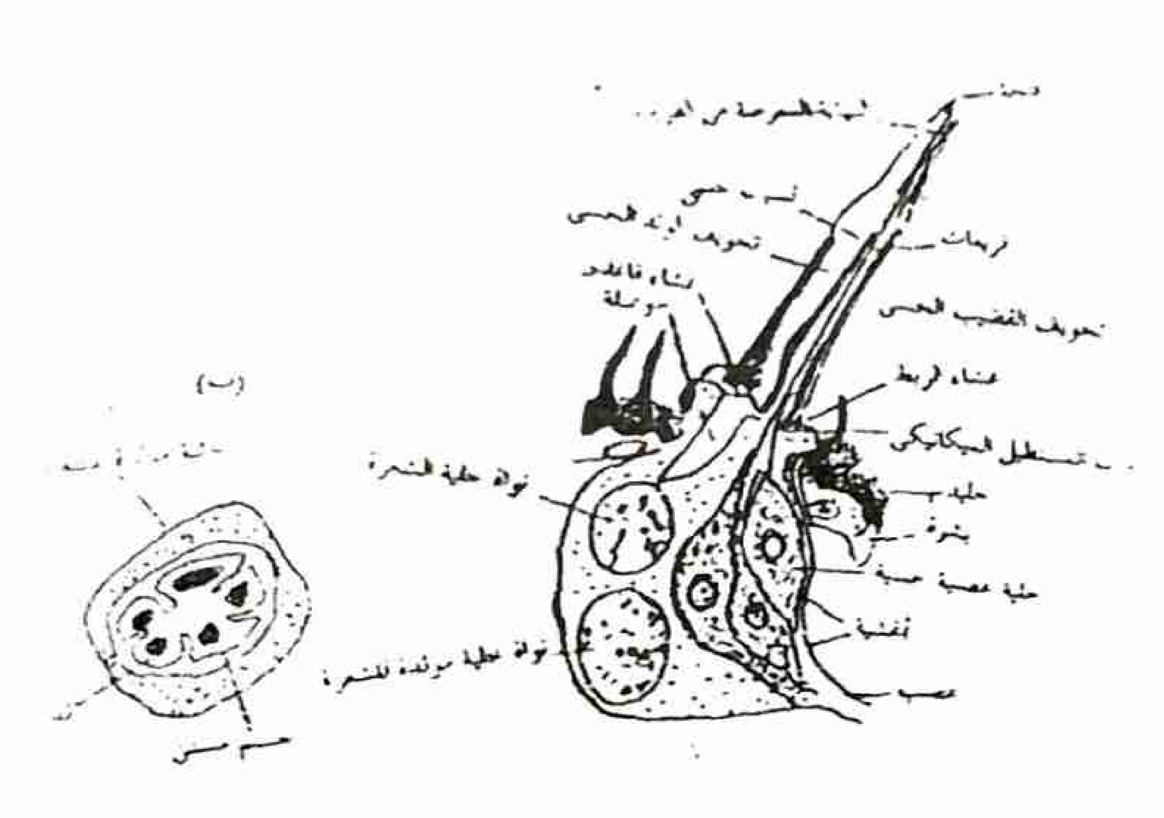
وتوجد هذه الصفائح على قرون استشعار كل من المن وذكور شغالات نحل العسل وقد تكون مستديرة الشكل أو بيضاوية ذات جليد رقيق وتوجد على حوافها ثقوب

٢- مراكز الذوق Gustoreceptors:

وتأتي في المرتبة الثانية وقد يطلق عليها المستقبلات الكيماوية عن طريق اللمس Contact chemoreceptors وتتذوق الحشرة المادة الكيماوية إذا لامستها لمسا مباشرا وهي في صورة محلول أو سائل. وتوجد أعضاء الذوق هذه حول فتحة الفم كما في حشرات النمل، أو قاعدة اللسان كما في شغالات نحل العسل، أو تكون موجودة في قاع سقف الحلق كما في يرقات حرشفية الأجنحة، وقد توجد على قرون الاستشعار. كما أن الرسغ يلعب دورا كبيرا في تذوق الحشرات كما في حشرات أبي دقيق وذبابة الدروسوفيلا والذبابة المنزلية. فإذا ما وقف أبو دقيق قريبا من عصير حلو المذاق فإنه لن يحس به ولن يتذوقه إلا في اللحظة التي يلمس فيها العصير بأرساغه فعندئذ يمكنه أن يدرك أنه طعام شهي. ومن أمثلة هذه الأعضاء:

أ- الشعيرات المخروطية Sensory pags or basiconic sensillae

وتوجد على قرون إستشعار وملامس كثير من الحشرات مثل الصراصير والقمل شكل (٦١) رمحية وتدية الشكل كما توجد مجموعة من هذه الشعيرات الوتدية في نقر العقلة الثالثة من قرن الإستشعار الذبابة والملامس الشفوية لأبا دقيق.



شكل (٦١) أ – رسم تخطيطي للشعرة الحسية المستقبلة للكيماويات في ذبابة Phormia ب – مقطع عرضي خلال القضيب الحسي للشعرة تقريبا قريب من قاعدة الشعرة يوضح إنغماد القضبان الحسية بين الفريجات

ب- شعيرات الشم ذات الحفرة Coeloconic hairs:

شكل (٦٢) وتوجد على قرون إستشعار النطاطات وعلى فكوك النحل.

ج- الشعيرات الشمية المحيطية Olfactory hairs:

وتوجد على كل من عقل رسغ وشفية ذبابة مصرى وقرون إستشعار كل من الزنابير والنحل.

شعيرات الحس الكيماوية Chemosenory trichoidsensillae:

وهى شعيرات متحركة طويلة نوعا وتمتاز بأن فراغها مقسم إلى جزئين أحدهمامغلق من قمته وأما الأخر فيوجد به القضيب الحسى وهذا التجويف مفتوح من قمته حيث توجد به الزوائد الحسية التى عن طريق لمسها للمواد الكيماوية السائلة يحدث لديها الإحساس بالتذوق.

٣-مراكز إستقبال المواد المهيجة Irritoreceptors:

وقد يطلق عليها أيضا شعيرات الذوق والشم Common chemicalsense

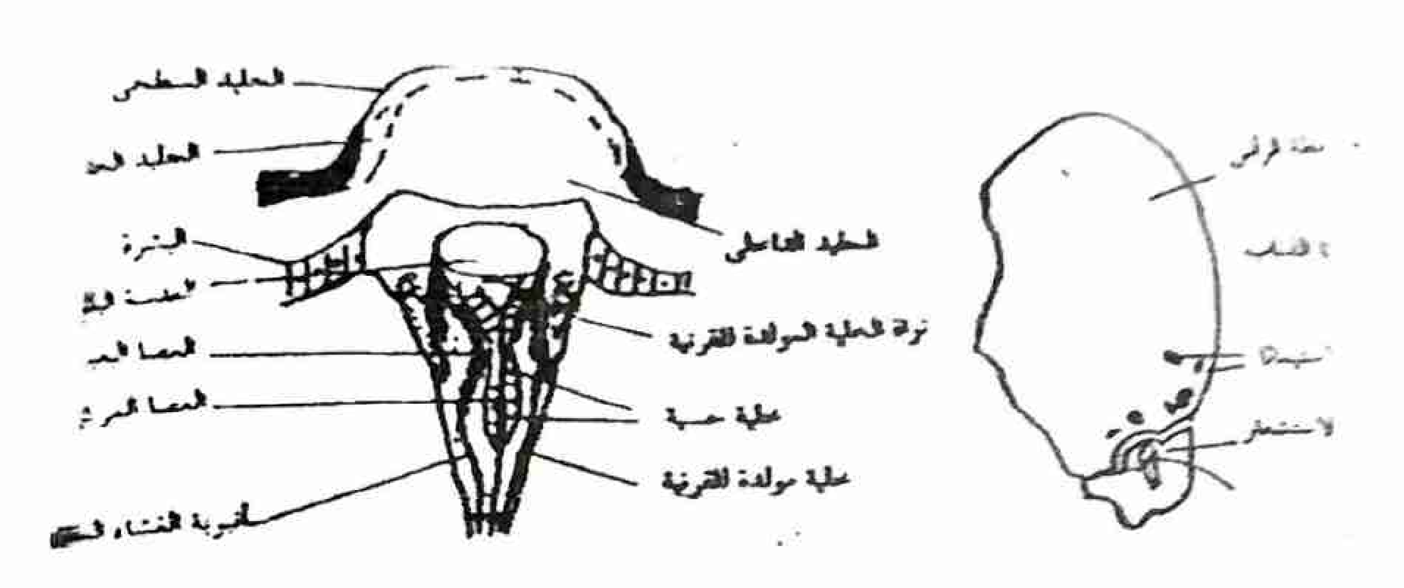
وتنتشر هذه الأعضاء على أجزاء الجسم التى سبق بيانها وتتخصص فى إستقبال تأثيرات المواد المهيجة Irritat substances مثل الأمونياوهى عبارة عن شعيرات رقيقة قد تكون طويلة أوقصيرة وليست قابلة للحركة ويتكون جدارها من طبقة رقيقة من الكيتين وقمتها مفتوحة ويصل إلى هذه القمة تفرعات عصبية تقوم بوظيفة الحس كما سبق بيانه.

ثالثا مراكز إستقبال الإشعاعات Radioreceptors:

ويقصد بها تلك الأعضاء التى تحتل أماكن على جسم الحشرة كى تدرك كلا من الموجات الحرارية أو درجة البرودة ويطلق عليها معا thermorecetors وهى تلعب دورا هاما ، وكذلك تلك تقوم بترجمة الإشعاع كرؤية الإشياء

١- مستقبلات الحرارة Thermoreceptors:

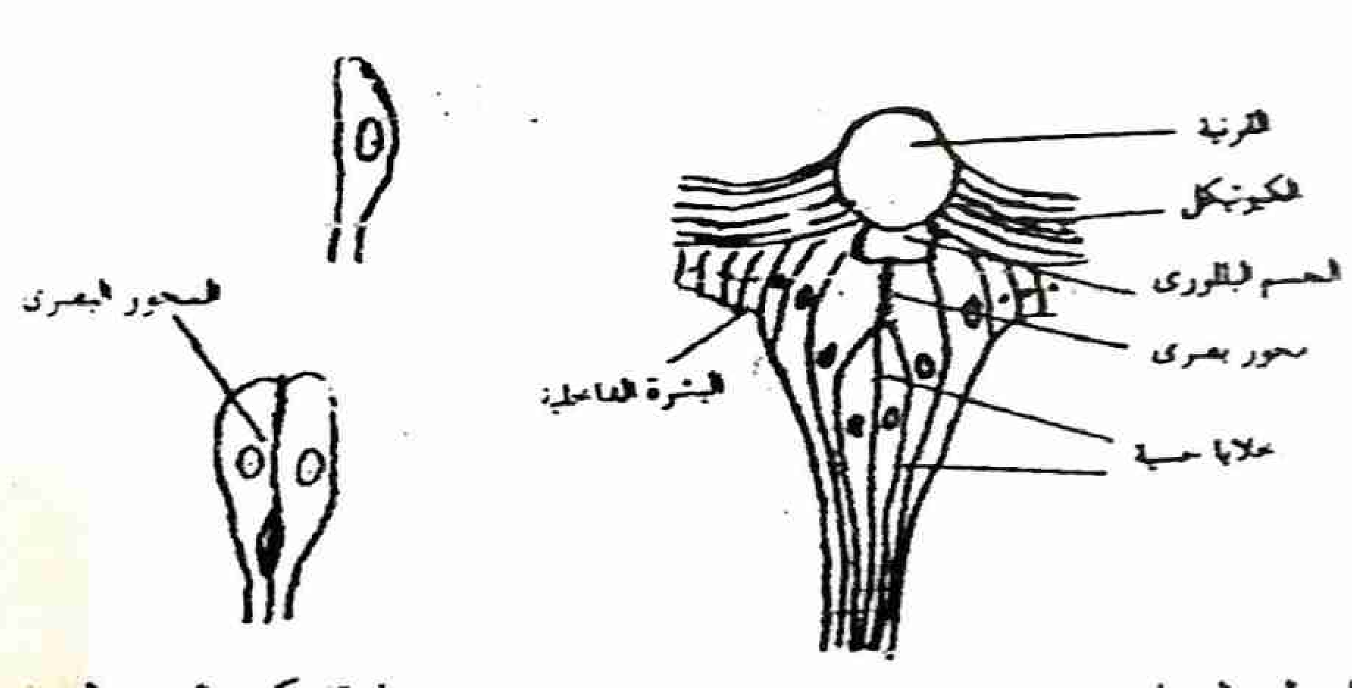
وتحمل مستقبلات الحرارة على قرون إستشعار الحشرات . فالنمل حساس جدا لأى تغير فى درجة الحرارة ، ويظهر ذلك واضحا حينما تنخفض درجة حرارة العش إلى حد ما فإن الكبار تقوم على الفور بنقل الأطوار الغير يافعة إلى مناطق أخرى بالعش لم تتغير درجة حرارتها ، وكذلك يتأثر الذباب والبق الماص للدماء بتذبذبات درجة الحرارة . وتوجد مستقبلات الحس لدى بقة Rhodnius على قرون الإستشعار . وبصفة عامة فإن الطفيليات الماصة للدماء التى تتطفل على الإنسان مثل القمل والبق لها مستقبلات حرارية نامية بوضوح. أما أعضاء الحس الخاصة بالرطوبة فهى أعضاء شعرية Tuft organs شكل (٦٣-أ،ب) توجد حفرة صغيرة على قرون الإستشعار وتتكون من تركيب رقيق على شكل شعيرات دقيقة كما فى النمل وخنافس الدقيق من جنس *Triobliu*m.



شكل (٦٤) منظر جانبى لرأس يرقة توضح مواضع المبصرات الجانبية، ب مقطع فى الاستيماتا

٢- العوينات الجانبية Lateral ocelli :

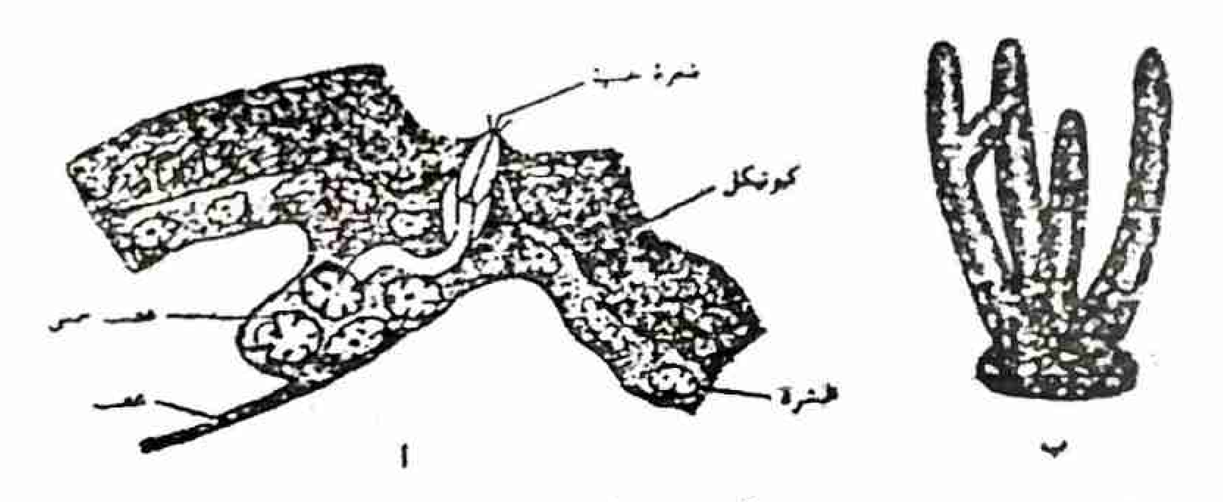
وتوجد فى الأطوار الغير يافعة للحشرات كاملية التبدل، وتوجد على جانبى الرأس وتختلف أعدادها باختلاف أنواع الحشرات فقد تصل إلى ٧ على كل جانب. وتتكون كما فى شكل (٦٥) من



طريقة تكوين المحور البصرى
الخلايا الحسية المستقبلة للضوء

تركيب العين البسيطة فى إحدى يرقات حرشفية الأجنحة Lepidoptera

شكل (٦٥) يوضح تركيب العين البسيطة والخلايا الحسية المستقبلة للضوء



شكل (٦٣) عضو Tuft الموجود على قرن استشعار Peduiculus (ب) مستقبلات الرطوبة المتفرعة الموجودة على قرن استشعار Tribolium

مستقبلات الضوء Photoreceptors :

تستقبل الحشرات الضوء عن خلال العديد من أعضاء الحس، ولكن أهم عضو يقوم بهذا الصدد هو العوينات والعيون المركبة Ocelli and Compound eyes وسنتكلم عن كل منهما فيما يلي :

أ- العوينات أو العيون البسيطة Oceili or simple eyes :

ويطلق هذا الاصطلاح على الوحدات البصرية المفردة والتي توجد في الأطوار الغير يافعة أو اليافعة حتى مع وجود العيون المركبة ويوجد منها نوعان :

١- العوينات الظهرية Dorsal ocelli :

ونعني بها الوحدات البصرية التي توجد على رؤوس الحشرات المجنحة اليافعة كالنمل والصراصير حيث تعرف في هذه الحالة بالكوى الحساسية Fensestrae وتوجد هذه العوينات في ثلاث نقاط لو وصلت بينهما لتكون مثلث.

وتتركب العوينة الظهرية بصفة عامة كما في شكل (٦٤) من عدسة جليدية شفافة تسمى القرنية Cornea ويوجد أسفلها مجموعة خلايا لتكوين القرنية Comeagen cells وتتصل محاورها بالعصب العويني Ocellar nerve.

الخلوية الدقيقة التى تيحط بالوحدات البصرية للعيون المركبة بحيث تملأ المسافات التى بينها.
تعمل تلك البطانة أيضاً على استقبال الإضاءة الأحيانية.

أنواع العيون المركبة Types of compound eyes :

وتقسم الأعين المركبة على أساس وجود المخاريط البلورية إلى :

١- عيون ذات مخاريط حقيقية Eucone eyes ويوجد فى كل وحدة بصرية من هذا النوع مخروط بلورى حقيقى بمعنى أنه قد يكون جسماً صلباً عاكساً ويتكون داخل الخلايا المخروطية وتتجمع أنوية هذه الخلايا فى الجزء الأمامى من المخروط. ويوجد هذا النوع فى كل من رتبتى الحشرات ذات الذنب الشعرى ومستقيمة الأجنحة وبعض الرتب الأخرى شكل (٦٧-أ).

٢- العيون ذوات المخاريط الكاذبة Pseudocone eyes :

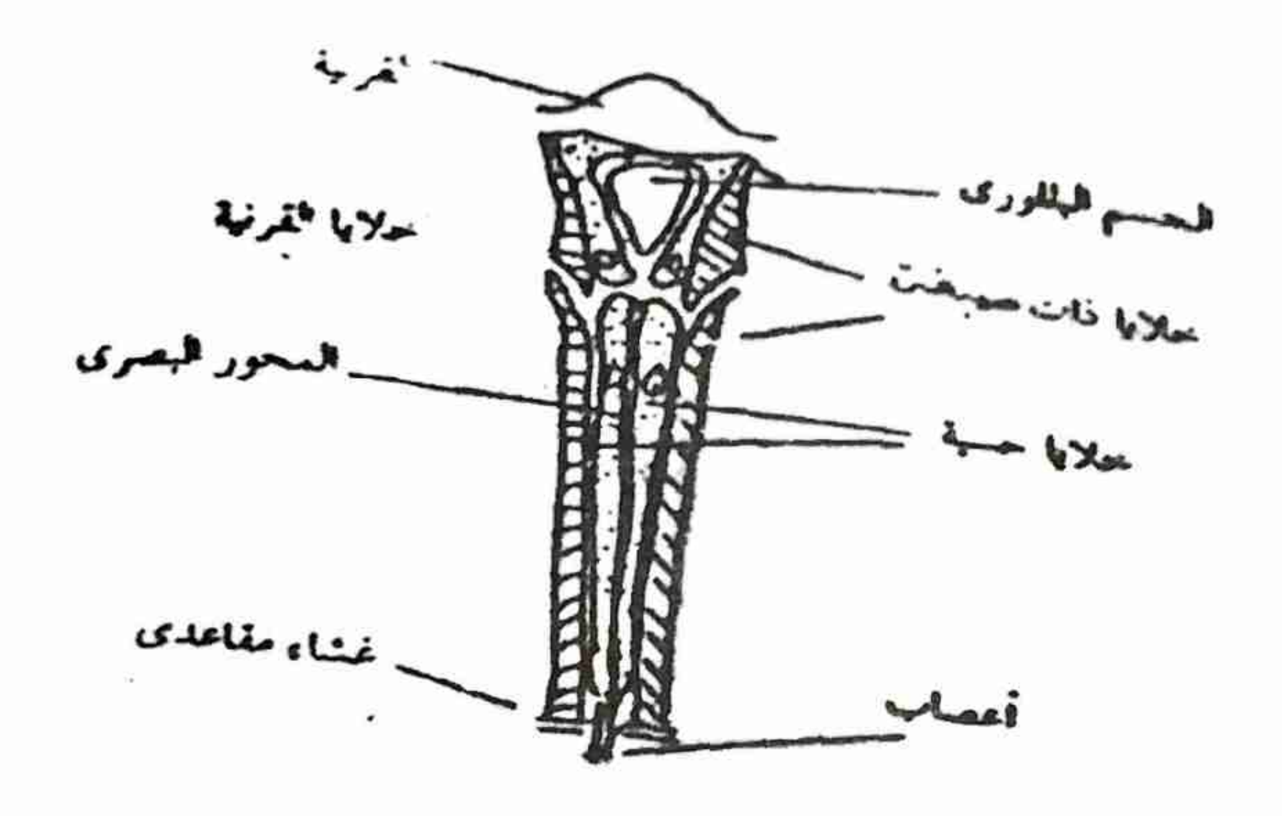
ولا يوجد فى هذا النوع مخاريط بلورية للوحدات البصرية. وتمتلئ خلايا المخروط الأربع بمادة شفافة نصف سائلة توجد أمام الأنوية ويوجد هذا النوع فى رتبتى Bruchcera ودائرية الانشقاق Cyclorrhapha من ذات الجناحين.

٣- عيون عديمة المخاريط Acone eyes :

وفى هذا النوع توجد الخلايا المخروطية المستطيلة الشفافة ولكنها لا تفرز أى نوع من المخاريط السابقة (البلورى أو السائل). وتوجد مثل هذه العيون فى حشرات جلدية الأجنحة، ونصفية الأجنحة وغمدية الأجنحة وذات الجناحين شكل (٦٧-ب).

٤-العيون ذات المخاريط الخارجية Exocone eyes:

وفى هذه الحالة تتبعج القرنية للداخل لتكون تركيباً جليدياً يستقر أمام خلايا المخروط الحقيقية التى لم تمتد إليها يد التحوير. ويوجد هذا النوع فى بعض أنواع الحشرات غمدية الأجنحة والجلدية الأجنحة شكل (٦٧-جـ).



شكل (٦٦) إحدى الوحدات البصرية فى العين المركبة

٢- جهاز الاستقبال Receptive system ويتكون من :

١- الشبكة Retinulum وتتكون من سبع خلايا بصرية تحتوى أصباغاً ومنها يتكون الجزء القاعدى للوحدة العينية وتتجمع فى شكل دائرة ويخرج من كل منها عصب يصلها بالفص البصرى المخى.

٢- الجهاز الصبغى Pigmental system ويشمل كلا من :

١) الخلايا القزحية الأولية Prymaryaris cells خلايا مستطيلة ملينة بحيبات ملونة وتوجد حول المخروط البللورى.

٢) الخلايا القزحية الثانوية Secodaryaris cells :

وهى خلايا مستطيلة ممتلئة بحبيبات الصبغة وتحيط بكل من الشبكة وبخلايا القزحية الأولية وبذلك تعزل الوحدة العينية عن الوحدات المجاورة وترتكز قواعد الوحدات البصرية على غشاء قاعدى تنفذ خلال ثقوبه الألياف العصبية للشبكيات وكثيراً ما تنفذ قصيبات هوائية دقيقة.

ومن الملاحظ أن أعين الحشرات التى تنشط ليلاً بها بطانة عاكسة Tapetum reflecting كحشرات فصيلة Neoctuidae ومن شأن هذه البطانة أن تعكس الأضواء التى ضلت طريقها إلى الوحدات البصرية وتعيدها على تلك الوحدات وهى عبارة عن مجموعة من القصيبات الهوائية

(١) القرنية Cornea.

(٢) الطبقة مولدة القرنية Crneal layer.

(٣) الشبكة Retina.

وهى مجموعة من الخلايا الحسية البصرية ذات الشكل المغزلى توجد أسفل الخلايا المولدة للقرنية مباشرة وتنتهى أطرافها بألياف عصبية تتجمع معاً لتكون العصب البصرى Optic nerve وبتجمع خليتان أو ثلاثة حول قضيب بصرى Rhabdom ويتكون بذلك وحدة تسمى الشبكية Retinula.

(٤) الخلايا الصبغية Pigment cell :

وهى مجموعة الخلايا التى تنتشر بين الشبكية وعلى حواف الخلايا المولدة للقرنية وتكسب العوينة ظلمة تمكنها من تميز المرئيات نظراً لامتلاء تلك الخلايا بالحبيبات الملونة القاتمة أو السوداء. وقد يطلق عليها القزحية Iris وتشبه العوينة الجانبية وحدات العيون المركبة وهى لا تستطيع إلا تمييز النور من الظلام.

ب- العيون المركبة Compounde eyes :

وتوجد هذه العيون على جانبى رأس كل من الحوريات والحشرات اليافعة لمعظم الحشرات وان كانت قد توجد بصورة مضمحلة فى البعض الآخر كالقمل وأخذت هذه التسمية من احتوائها على عدد من الوحدات البصرية يطلق عليها Ommatidia شكل (٦٦) ويختلف باختلاف الأنواع فقد تكون وحدة مفردة كما فى النحل وقد تحوى الآلاف من تلك الوحدات فقد تصل ثمانية وعشرين ألف وحدة كما فى الرعاشات. وقد تنقسم العين الواحدة إلى جزئين بحيث يخيل للرائى أن للحشرة زوجين من الأعين كما فى حشرة Gyrinus من رتبة غمدية الأجنحة وتتركب الوحدة العينية مما يلى :

١- جهاز التركيز :

١- القرنية Cornae وهى الجزء السطحى الشفاف وهى محدبة الوجهين.

٢- الطبقة المولدة للقرنية Corneagen layer :

وتتكون من عدد محدود من خلايا البشرة وهى مسئولة عن تكوين القرنية.

٣- خلايا المخروط البللورى Crystalline cone cells وتلى الطبقة السالفة وتتكون من أربع خلايا وتسمح بمرور الأشعة الضوئية دون حدوث أى انكسارات بها.

فعلى سبيل المثال : يتم تنظيم ضربات القلب فى الحشرة عندما يتم وصول إفرازات تلك الخلايا إلى عضلات القلب عن طريق النهايات الطرفية لهذه الخلايا مروراً بمحاورها العصبية.

ب- الانتقال عن طريق السائل الدموى :

ويتم تأثير الهرمونات على الأنسجة المستهدفة عقب وصولها إليها بأى من الطريقتين التاليتين :

أ- طريقة التأثير المباشرة :

وفى هذه الطريقة يتم نقل الهرمون إلى موضع عمله فى الجسم بصورة مباشرة، وغالباً ما يكون ذلك فى الهرمونات التى تفرزها الخلايا العصبية المفرزة ذات المحاور العصبية والزوائد الانتهائية كتلك التى تنظم ضربات قلب الحشرة عن طريق وصول الهرمون الخاص إلى عضلات القلب وكذلك تأثير هرمون المخ على خلايا الصدر الأمامية.

ب- الطريقة غير المباشرة :

ويحدث ذلك فى الحالات التى يحتاج إتمامها لوجود عدة هرمونات يتم افرزاها فى اماكن مختلفة حيث لايكون تأثير الهرمون الاول الذى يلزم لبدء العملية مباشرا فى اتمام هذة العملية وانما يقوم بتنبيه عضو آخر أو غدة أخرى للقيام بإفراز هرمون آخر يصل إلى مكان التأثير فى العضو أو النسيج المسهدف كما هو الحال فى إفراز كل من هرمون الشباب Juvenile hormone والانسلاخ Moulting hormone حيث تقوم الهرمونات العصبية التى تفرزها خلايا البطانة الظهرية للمخ وهى ما يعرف بـ "هرمون المخ Brain h." تقوم بالتأثير على كل من غدتى الصدر الفؤادية والألانية من خلال تنشيط أو تثبيط قدرتيهما الإفرازية تبعاً لنوع العمل المطلوب.

أنواع الهرمونات الحشرية Types of insect hormones :

أولاً : هرمونات المخ Brain hormones :

يتم إفراز هذه المواد طبيعياً بواسطة الخلايا الإفرزية العصبية التى تقع فى الجزء الظاهرى من مقدم المخ ويطلق عليها Nourosecretoty ويعتبر الهرمون المؤثر على نشاط الغدد الصدرية الأمامية Prothoracic-tropic hormone واختصاره (PTTH) وهو أهم هذه الهرمونات وقد أمكن استخلاص هذه المادة من أمخاخ يرقات ديدان الحرير *Bombyx mori*.

الهرمونات الحشرية Insect hormones

الهرمونات الحشرية هى عبارة عن مواد طبيعية تفرزها غدد خاصة تقع داخل أجزاء معينة من جسم الحشرة. ويطلق عليها الغدد الصماء Endocrine glands، وتنشأ هذه الغدد الصماء من منطقة الإكتوديرم فى المراحل الجنينية المبكرة، ثم لا تلبث أن تهاجر إلى موضعها فى الجسم لتصبح فى شكل أعضاء محددة تحديداً جيداً (Wigglesworth) وعندما تفرز هذه الغدد تلك المواد فإنها سرعان ما تصل إلى أجزاء الجسم المختلفة عبر السائل الدموى **Hemolymph** فى صورة رسائل كيماوية بكميات وتركيزات تتناسب مع احتياجات الجسم فى إحداث التأثير الوظيفى المزمع. ولا شك أن ذلك يختلف من عملية حيوية لأخرى.

ويرجع إطلاق كلمة Hormone أى المثير، على هذه المواد إلى كل من Byliss، Starling (١٩٢١) وبالرغم من عدم دقة هذه الكلمة، فما يزال استخدامها شائعاً حتى الآن.

وتلعب الهرمونات أدواراً بارزة فى حياة الحشرات نظراً لأنها تهيمن على مختلف العمليات الحيوية اللازمة لحياة الحشرة من نمو ونشاط وحركة وسكون، إذا ما تم إفراز هذه المواد بصورة طبيعية، أما إذا حدث اختلال فى هذه المواد سواء أكان طبيعياً أو صناعياً عن طريق تدخل الإنسان عن قصد أو غير قصد فإن ذلك يؤدى إلى اختلال هذه العمليات واضطرابها. وفى ذلك ما فيه من التأثير الضار على حياة الحشرة إلى الحد الذى يعرضها للهلاك.

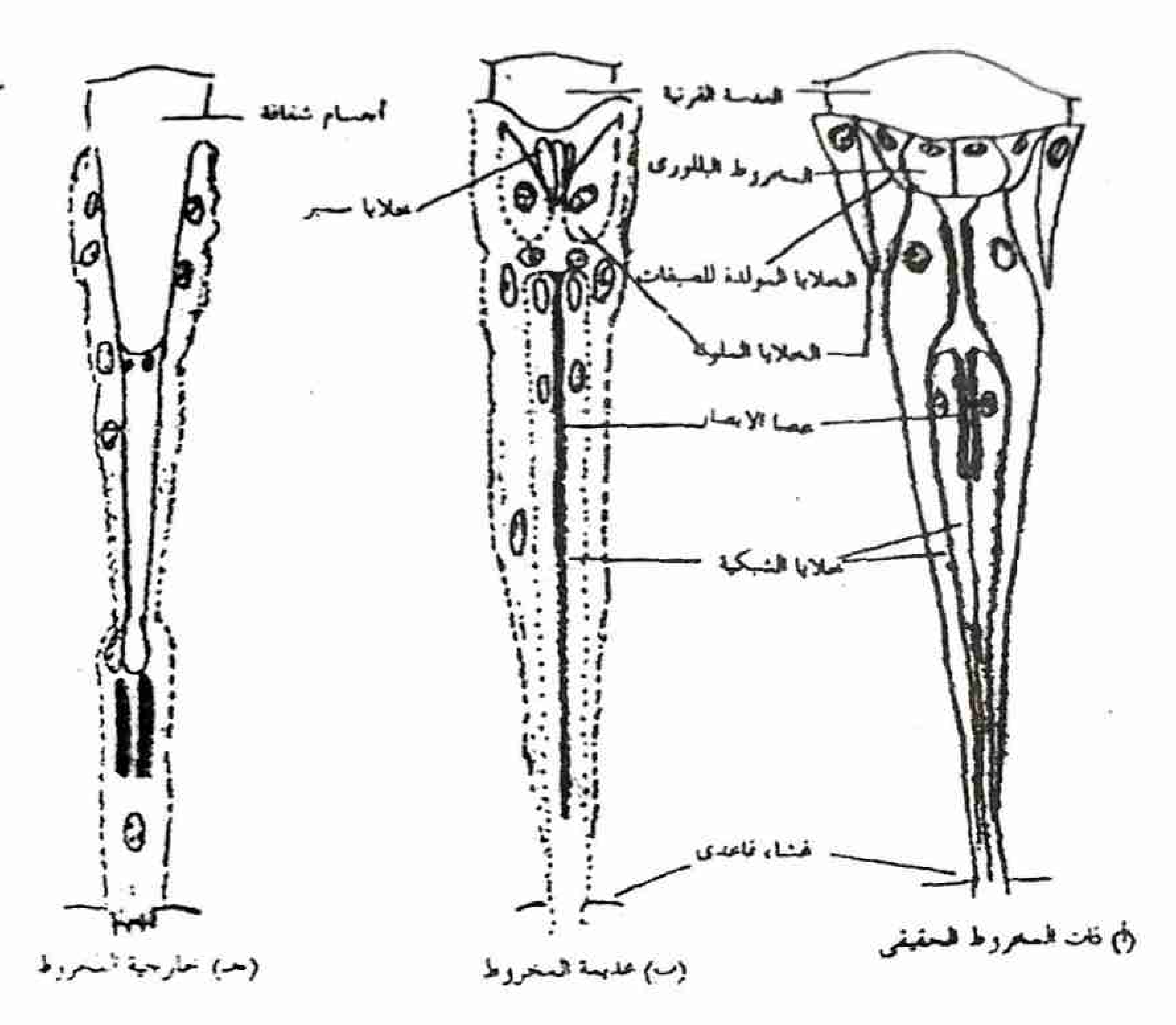
وقد استغلت هذه الناحية فى مكافحة الحشرات عن طريق معاملتها بمواد مصنعة مشابهة لبعض هذه الهرمونات محدثة بها تلك الآثار الضارة تفادياً لأخطار التلوث بالمبيدات التقليدية.

انتقال الهرمونات إلى أماكن عملها فى جسم الحشرة :

يتم نقل الرسائل الكيماوية (الهرمونات) إلى مواضع عملها فى جسم الحشرة وتحت سيطرة الجهاز العصبى بأى من الطريقتين التاليتين :

أ- عن طريق الخلايا العصبية المفرزة Neurosecretory cells

ويتم ذلك عن طريق ما تقوم به الخلايا العصبية المفرزة من إنتاج لحبيبات كروية دقيقة من مـدة البروتين على صورة ببتيدات عديدة Polypeptides تتراوح أقطارها بين ١٠٠ و ٣٠٠ ميكرون، ويتم نقل هذه الحبيبات عبر محاور هذه الخلايا العصبية حيث تصل إلى الموضع المستهدف التأثير عليه والذى تصله النهايات الطرفية لهذه الخلايا المفرزة. أى أن هذه المواد الكيماوية المنتجة بهذه الصورة تقوم بإحداث تأثير موضعى فى العضو أو الأعضاء المستهدفة.



شكل (٦٧) الأنماط المختلفة من الصوتيات أ- ذات المخروط الحقيقى Eucone فى ذات الذنب الشعرى ب- عديمة المخروط Acone فى بعض غمدية الأجنحة جـ- خارجية المخروط Exocone فى بعض غمدية الأجنحة

الرؤية لدى الحشرات :

تنحصر الوظيفة الرئيسية للعين البسيطة فى تمييز الضوء من الظلام، كما أن مقدرة تلك العيون على تمييز الألوان محدودة وتختلف من نوع لآخر.

أما العيون المركبة فتتم فيها الرؤية تبعاً لنظرية التبقع Mosaic فهى لا تستطيع تحديد الصورة التى تستقبلها ولكنها تستطيع بسهولة تحديد التغيير الذى يحدث فيها، وبمعنى أدق فهى تحدد تحرك الأشياء التى أمامها وتستخدم ذلك فى تحديد صورتها فحوريات الرعاش لا تنقض على فرائسها مالم تكن تلك الفرائس فى حالة حركة. وكذلك الحال فى ذكور الفراشات حيث لا تنجذب إلى الإناث إلا إذا كانت فى حالة حركة.

اما استجابة الحشرات للضوء Phototropism فقد تكون سالبة أو موجبة.

1- Ecdysone.

2- B-ecdysone.

3- Hydroxyecdysone.

4- Dihydroxyecdysone.

وتقوم غدد الصدر الأمامي في الحالة العادية بإفراز هرمون Ecdysone ولا يلبث هذا الهرمون أن يتحول إلى هرمون B-Ecdysone عند وصوله إلى مكان آخر من أنسجة الجسم، وعلى ذلك فإن النشاط الحيوي لكل من هذين المركبين يصعب تقديره داخل الجسم ويلعبان أدواراً محددة ومنفصلة في حياة الحشرة حيث أن ألفا اكديسون يبدأ دورة الانسلاخ بينما بيتا أكديسون يقوم بتنظيم العمليات التالية مثل ترسيب الجليد

أما هرمون الهيدروكسي أكديسون فيقوم بدور هام في عملية تخليق الجنين.

أهمية هرمونات الانسلاخ :

١- تقوم بتنبيه خلايا البشرة كي تتضخم ابان بدء مرحلة الانسلاخ.

٢- تعمل على تكوين الجليد الجديد

٣- يتآزر كل من هرمون المخ وهرمون الشباب وهرمون الانسلاخ في إتمام عملية الانسلاخ بنجاح، بمعنى أن هرمون المخ يهيئ الجسم للانسلاخ فتقوم الحشرة ببعض الظواهر السلوكية التي تنم عن استعدادها لخوض مرحلة هامة في حياتها كالكف عن تناول الطعام لبعض الوقت، واللجوء إلى مكان هادئ تنشط فيه أنفاسها وتستجمع قواها، في حين تبدأ هرمونات الإنسلاخ في إحداث آثارها الفعالة، وفي بعض الوقت فإن هرمون الشباب المفرز بعد ذلك يعمل على الحد من تأثيرات هرمونات الإنسلاخ بطريقة تظل فيه صفات الأطوار غير اليافعة قائمة بعد الإنسلاخ، وفي الوقت نفسه لا يقوم هرمون المخ بدوره كاملاً إلا في العمر الأخير من الأطوار غير اليافعة حيث يتلاشى نشاط غدة الصدر الأمامية وتتحول الحشرة إلى الطور اليافع

فقد تضاربت الآراء حول طبيعة هرمونات المخ هذه، ففي الوقت الذي يرى فيه بعض الباحثين أن لهذه المواد خواص الليبيدات فإن البعض الآخر يرى أن لها طبيعة بروتينية فهي ببتيدات عديدة Polypetide وقد حدث هذا التضارب بناء على طرق الاستخلاص المتبعة وخواص المواد المتحصل عليها.

وبناء على ذلك فإننا نوجز أهم خواص هذه المركبات فيما يلي :

١- أمكن تحضير هذه الهرمونات على صورة بلورية عند استخدام كحول الإيثانول في الاستخلاص وذلك بتنقية الجزء المذاب.

٢- تنصهر هذه البلورات على درجة حرارة ١٤٢ف.

٣- أمكن تحضير هذه المركبات بالإذابة في الماء ووجد أنها ذات طبيعة بروتينية.

٤- تعتبر المركبات البروتينية حساسة لإنزيم Protease.

٥- لهذه المركبات أوزان جزيئية تتراوح بين ٧٠٠٠-٤٠٠٠٠.

أهمية هرمونات المخ :

تلعب مجموعة هرمونات المخ أدواراً ملحوظة في مختلف النواحي الوظيفية لأعضاء الحشرات تمثل عملية التشكيل Morphogenesis والنمو Groth والتناسل Reproduction وتنظم عمليات النمو البطئ في مرحلة السكون Dormancy بصوره المختلفة كما تقوم بتنظيم ضربات القلب وإدرار البول Diuresis أو احتباسه Antidiuresis، كما تعزى إليها التغيرت اللونية وعمليات الأيض الوسيط.

ثانياً : هرمونات الانسلاخ Multing hormone :

توجد غدد خاصة داخل حلقة الصدر الأمامي تتكون من خيوط عقدية من الخلايا التي تحصرها القصيبات الهوائية قريباً من الثغور التنفسية، وتقوم هذه الغدد بإفراز هذه الهرمونات عقب تنبيه هرمونات المخ لها، وأول من استطاع عزل هرمون Ecdyson وهو أحد هرمونز الانسلاخ (الباحث Karlson ١٩٥٣)، وقد تمكن من تحضيره على صورة بلورية، كما وجد أيضاً أن هناك أربع صور من هذا المركب هي بمثابة متشابهات له وهي :

ثالثاً : هرمونات الشباب **Juvenile hormones :**

هى مجموعة من الهرمونات التى تفرزها الغددالصماء (غدد الجسم الكروى) Corpora allata ويرجع الفضل فى اكتشاف هذه المركبات على العالم Williams (١٩٥٦) حيث تم استخلاصها من صدور الذكور اليافعة لفراشات ديدان الحرير من جنس Cecropia وخنافس Tenebrio ويوجد لهذه الهرمونات مشابهات حيوية يطلق عليها جميعاً Jh-mimics Juvenile hormone analogu.

أهمية هرمونات الشباب :

١- وجود هذه الهرمونات ضرورى لنمو وتطور الأعمار غير اليافعة مثل اليرقات والحوريات.

٢- تعمل على تنشيط ترسيب المح فى البيض.

٣- تلعب دوراً هاماً فى عمليات التمثيل الغذائى مثلاً فى إفراز إنزيمات الهضم وتمثيل الدهون وتكوين البروتين التنفسى.

٤- تتحكم فى نشاط هرمونات الإنسلاخ.

٥- تتحكم فى توجيه السلوك الجنسى عن طريق تنظيم الجاذبات الجنسية المعروفة باسم Phermones.